KOZMOS

2009
ROČNÍK XL.
1,49 €
1

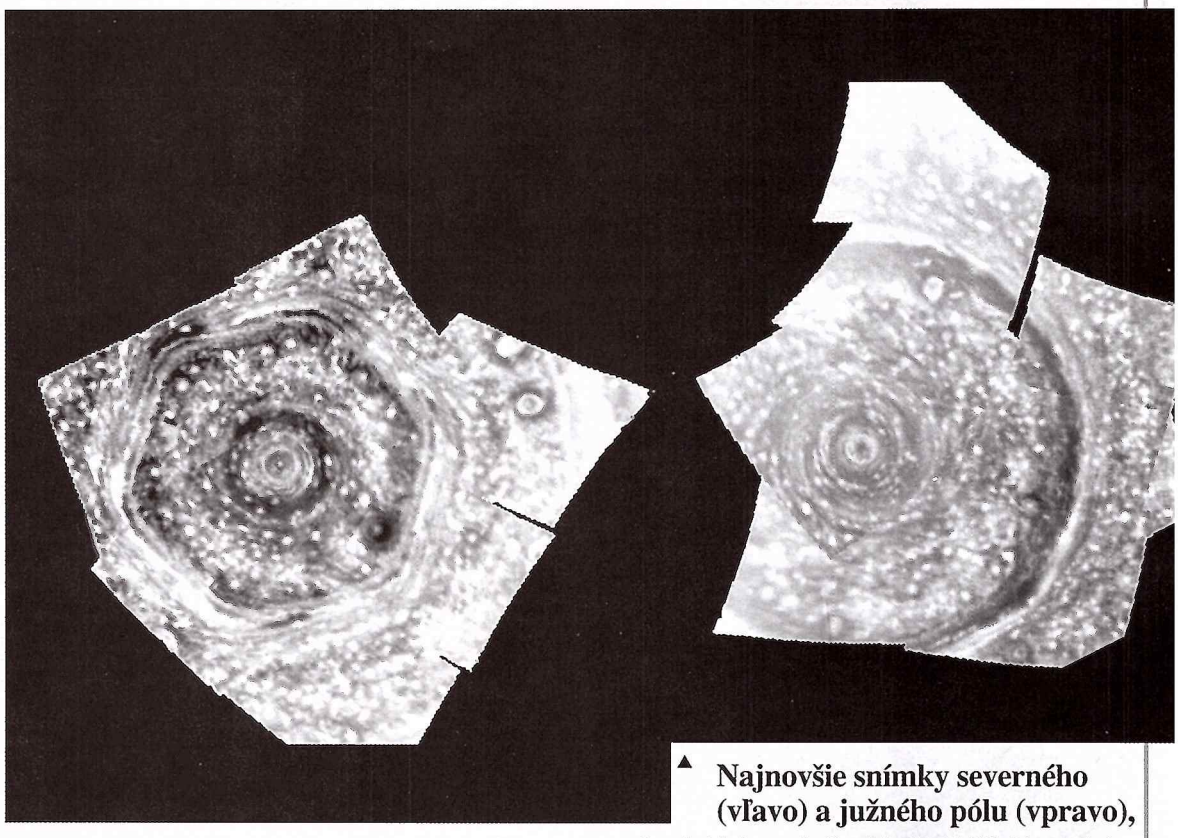
- Život a smrť superhviezd
- Farba rastlín na iných planétach
- Zrodila sa kvantová teória v Hurbanove?
- Astrobiológia na prahu novej éry?
- Svet symetrií v jadrovej a časticovej fyzike
- Je planetárium užitočné?

VESMÍR
OBJAVUJ HO PRE SEBA
MEDZINÁRODNÝ ROK
ASTRONÓMIE
2009

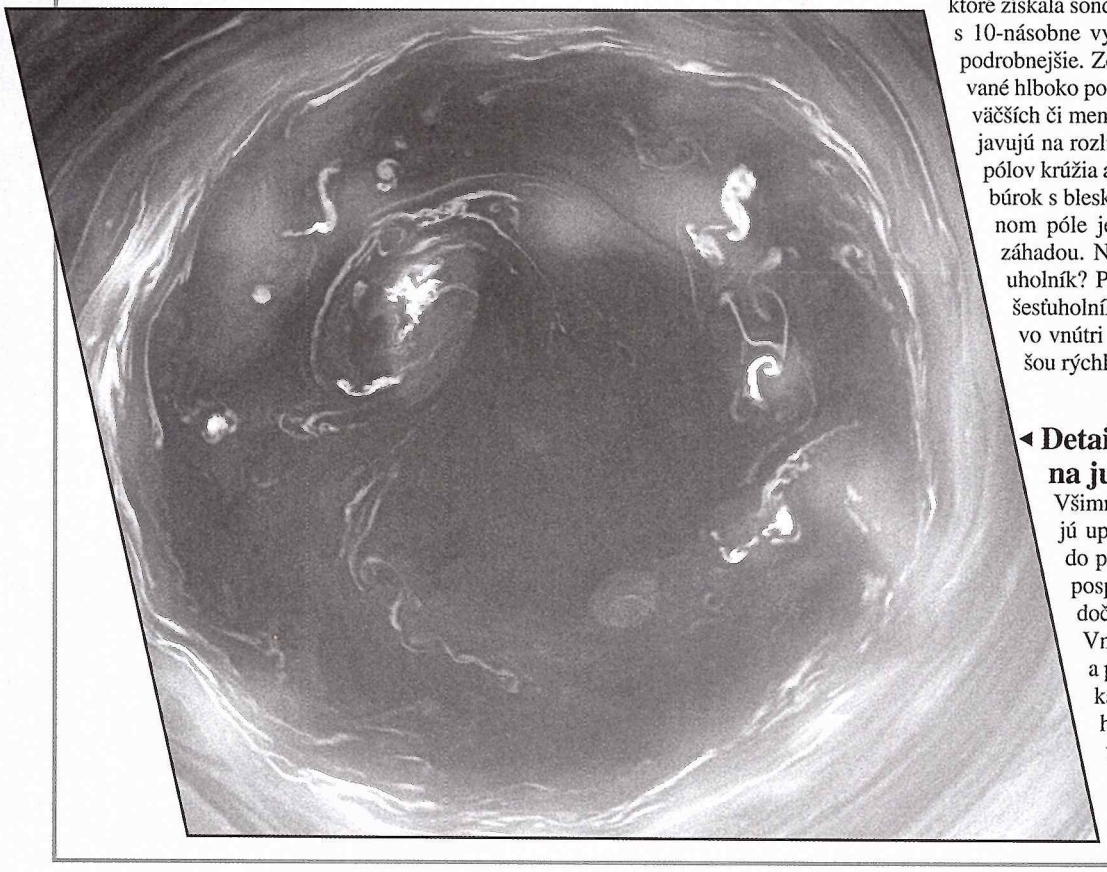
9 770323 049000 01

Cassini: najnovšie objavy v Saturnovom kráľovstve

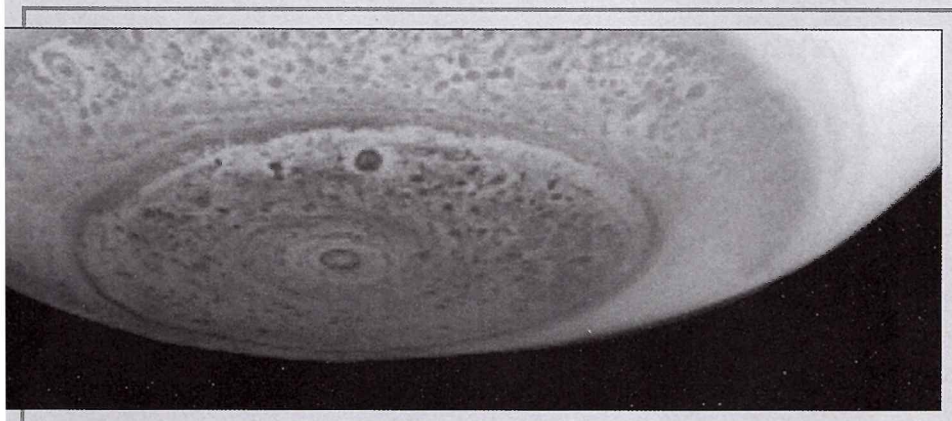
Sonda Cassini získala doteraz najpodrobnejšie fotografie severného a južného pólu na Saturne. Polárne cyklóny sú gigantickými krútňavami v atmosfére obrej planéty. Generujú ich divoké búrky hlboko pod povrchom. Pri búrke sa v atmosfére uvoľňuje teplo, stúpa k povrchu, vynáša z hĺbky materiál a udržuje v pohybe kužeľ krútňavy, ktorá má na povrchu priemer 4000 km. Najmenšie rozlíšiteľné útvary sú 120 km široké oblaky, rotujúce rýchlosťou 530 km za hodinu, čo je dvakrát viac, ako maximálna rýchlosť vetra ako na Zemi.



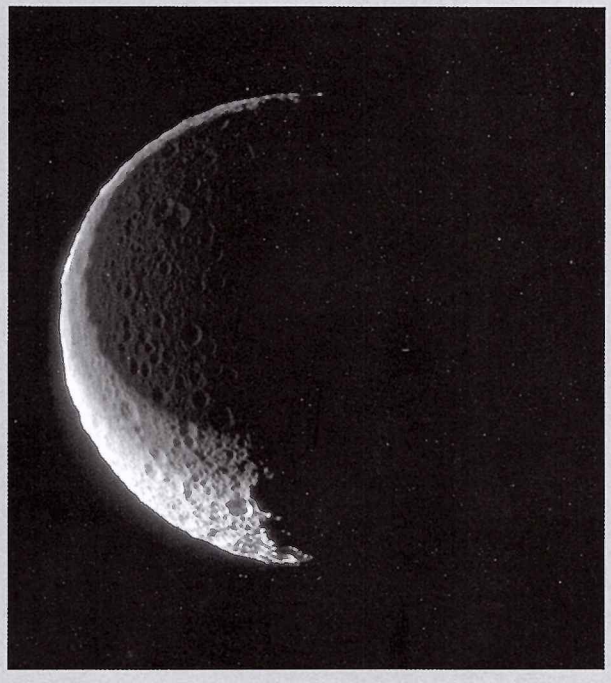
▲ **Najnovšie snímky severného (vľavo) a južného pólu (vpravo),** ktoré získala sonda Cassini v júni 2008. Ide o snímky s 10-násobne vyšším rozlíšením, ako doteraz najpodrobnejšie. Zdá sa, že polárne krútňavy (generované hlboko pod povrchom) hýbu celým systémom väčších či menších cyklónov, ktoré sa dočasne objavujú na rozličných zemepisných šírkach. Okolo pólov krúžia aj polia oblakov, príznak mohutných búrok s bleskami. Rotujúci šesťuholník na severnom póle je pre vedcov aj v tomto rozlíšení záhadou. Nezodpovedané otázky: Prečo šesťuholník? Prečo je taký stabilný? Prečo nie je šesťuholník aj na južnom póle? Prečo oblaky vo vnútri hexagonálu krúžia okolo pólu väčšou rýchlosťou?



◄ **Detail gigantickej krútňavy na južnom póle Saturnu.** Všimnite si lokálne búrky, ktoré sa spájajú uprostred vonkajšieho kruhu oblakov do podoby vnútorného kruhu. Sú to napospol hlboké krútňavy, ktoré sa iba dočasne vynárajú z povrchu atmosféry. Vnútorný kruh sa postupne zväčší a premiestni na miesto terajšieho vonkajšieho kruhu. Búrky uprostred kruhu sú generované teplom, ktoré uprostred gigantického, rotujúceho kužeľa vystupuje z hĺbky atmosféry. Dominujúcim prvkom v atmosfére je metán.

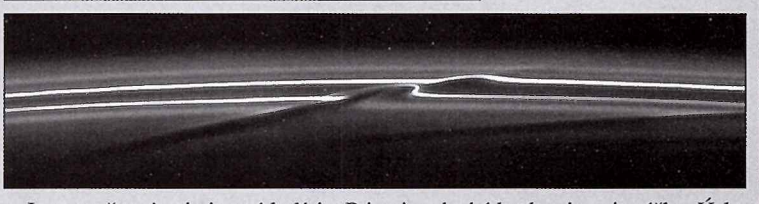


Južný pól Saturnu. Na farebnej snímke by okolo pólu dominovali ostrovčeky v rozličných odtieňoch červenej farby. Dôkaz tepelných výronov z vnútra atmosféry. Tieto škvrny rotujú okolo pólu až 125 km pod hranicou stratosféry. Oko polárneho hurikánu (najmenší kruh) je čisté. Tmavšie škvrny v nižších šírkach sú oblaky vo výške 50 až 125 km pod hranicou stratosféry. Na okrajoch snímky vidíme aj okraje pásu, ktorý obieha planétu. V pohybe ho podľa všetkého udržuje kontakt s vrstvami rotujúcej atmosféry okolo pólu. Mechanizmu fungovania dynamickej atmosféry Saturna sme zatiaľ neporozumeli.

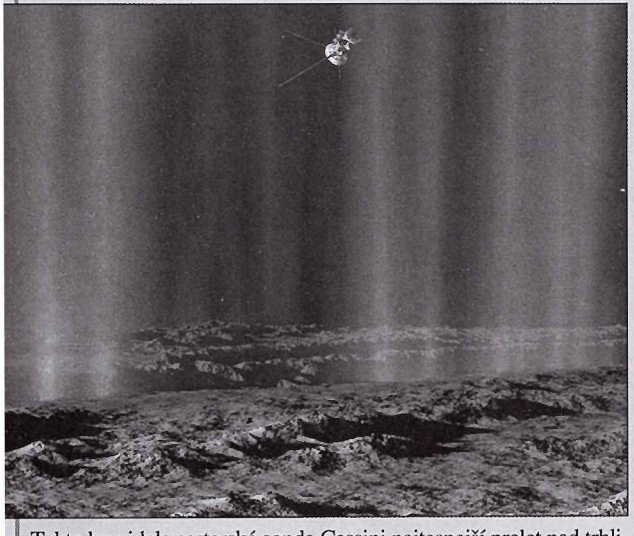


Tieň Saturnovych prstencov na mesiaci Mimas. Na obrázku rozlíšite dve rozlične zatienené oblasti: penumbru a oveľa tmavšiu umbru. Pozorovateľ z penumbry by videl Slnko čiastočne zaclonené prstencom. Nad pozorovateľom v umbre by prstenec Slnko celkom prekryl. Prestence súvšak riedke, takže Slnko by spoza nich v oboch prípadoch presvitalo.

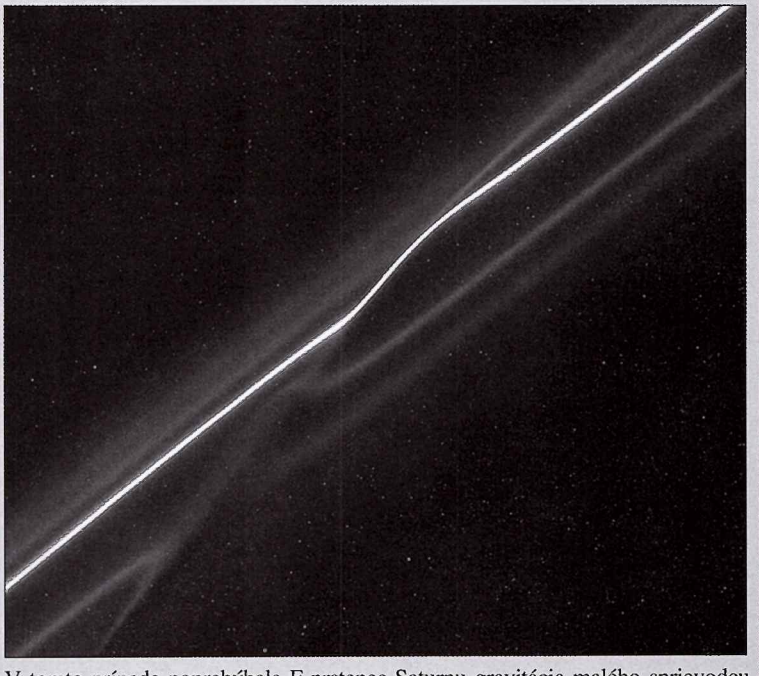
Všimnite si tri „škridličky" na najhustejšom páse Saturnovho F prstenca. Ide o krátke výtrysky materiálu, dôkaz kolízie malého objektu s prstencom. Pastiersky mesiačik Prometeus môže formovať F prstenec dvoma spôsobmi. Dôsledok prvého vidíte na snímke. F prstenec po kolízii s malými telesami, ktoré krúžia spolu s pastierskym mesiačikom. (16. september 2008.)



... Inou možnosťou je jemná kolízia. Pri nej nedochádza k priamej zrážke. Úzke pásy v F prstenci Saturnu ohýba iba gravitácia pastierskeho mesiačika Prometeus. (10. november 2008.)

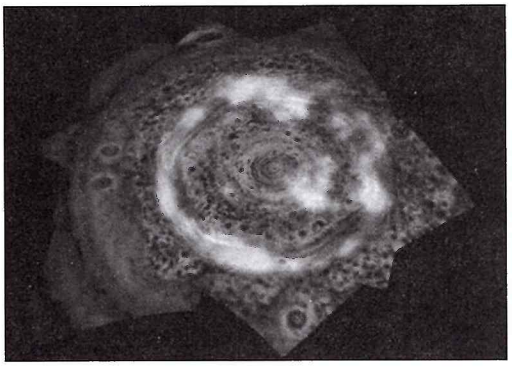


Takto by videla sesterská sonda Cassini najtesnejší prelet nad trhlinami okolo južného pólu Staurnovho mesiaca Enceladus. Z trhlín tryskajú kryštáliky až do výšky až 500 kilometrov.



V tomto prípade poprehýbala F prstenec Saturnu gravitácia malého sprievodcu pastierskeho mesiačika (mohla by to byť i gravitačne pozliepaná hrsť drviny).

Obálka



Energetické častice s magnetickým pólom planéty. Severná polárna žiara na Saturne prekonala všetky očakávania. V maxime je ešte veľkolepejšia ako na tejto snímke. Polárnu žiaru, rovnako ako na Zemi, vytvárajú energetické častice, polapené v premenlivých siločiarach magnetického poľa. Polárna žiara je modrá. Na snímke vidíme nielen jasný prsteň, ale aj jasné aurorálne emisie vo vnútri polárnej čiapky. Červená farba zviditeľňuje miesta, kde vystupuje z horúceho vnútra atmosféry teplo. Sonda získavala údaje pomocou optického a infračerveného spektrometra, ktoré na Zemi skombinovali do tejto snímky. *(Viac na 2. str. obálky a 1. strane.)*

Rubriky

SLNEČNÁ AKTIVITA

34 **Slnečná aktivita (október – november 2008)** / *Milan Rybanský*

PODUJATIA

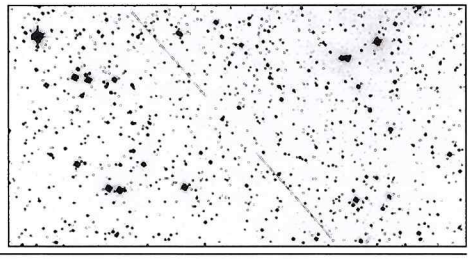
34 **Konferencia k 60. výročiu založenia Ľudovej hvezdárne v Prešove** / *Danica Jančušková*

39 **Blesk na balkóne** / *Jaroslav Patuč*

40 **Medzinárodná konferencia o výskume premenných hviezd** / *Pavol Dubovský*

ALBUM POZOROVATEĽA

35 **Druhý slovenský objav blízkozemského asteroidu** / *Štefan Gajdoš*



POZORUJTE S NAMI

36 **Obloha v kalendári** / *Pavol Rapavý*

39 **Kalendár úkazov a výročí (február – marec)** / *Pavol Rapavý*

Rôzne

20 **Jubileum Márie Hajdukovej**

39 **Slovenský kozmický klub** / *Ľuboš Ryban*

Upozorňujeme vážených prispievateľov časopisu Kozmos, aby k svojim príspevkom do časopisu uviedli aj číslo účtu, na ktorý má byť v prípade zverejnenia článku zaslaný honorár. Ďakujeme Vám.

SÚH Hurbanovo

Témy čísla

5 **Život a smrť superhviezd**

8 **Farba rastlín na iných planétach**

13 **Zrodila sa kvantová teória v Hurbanove?** / *Balázs Lajos*

17 **Astrobiológia na prahu novej éry?**

21 **Zmeny slnečnej žiarivosti a ich vplyv na klímu Zeme** / *P. Foukal, C. Fröhlich, H. Spruit, T. M. L. Wigley*

24 **Svět symetrií v jaderné a částicové fyzice a Nobelova cena za fyziku v roce 2008** / *Vladimír Wagner*

30 **Je planetárium užitočné?** / *Marián Vidovenec*

32 **Kosmonautika: přichází čas sólistů...** / *Tomáš Přibyl*

Aktuality

2. ob. **Cassini: najnovšie objavy v Saturnovom kráľovstve**

3. ob. **Jupiter s Ganymedom**

3 **Najbližší planetárny systém má dva pásy asteroidov**

4 **Masívne hviezdy by sa bez malých hviezd nesformovali**

4 **Protoplanetárne disky prikrmujú mladé hviezdy**

20 **Rekordné vzplanutie žiarenia gama**

23 **Kolísky hviezd na multispektrálnych fotografiách**

29 **HST získal snímku planéty pri hviezde Fomalhaut**

Astronomická ročenka 2009

Zostavil: RNDr. Eduard Pittich

Publikácia je najnovším titulom Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove. Obsahuje základné časové a polohové údaje nebeských objektov na oblohe od januára do decembra 2009. Sú v nej aktuálne informácie o pohyboch Slnka, Mesiaca a planét na oblohe, meteorických rojoch, kométach, planétkach, Galileiho mesiačikoch, zatmeniach Slnka a Mesiaca, premenných hviezdach, zákrytoch hviezd Mesiacom a pod. Obsahuje aj mnohé poučné články: Saturnove prstence, Heliometer, Základné astronomické a fyzikálne údaje, Časové signály. Je užitočnou pomôckou pre všetkých záujemcov o pozorovanie hviezdnej oblohy.

Cena publikácie: 2,66 €

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

KOZMOS

Populárno-vedecký astronomický časopis

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

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

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

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

Vychádza: 6× do roka. Neobjednané rukopisy nevraciame.

Cena jedného čísla 1,49 €. Pre abonentov ročne 7,97 € vrátane poštovného.

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

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

© Ministerstvo kultúry SR, Bratislava 1998.

Zadané do tlače 12. 1. 2009

ISSN 0323 – 049X

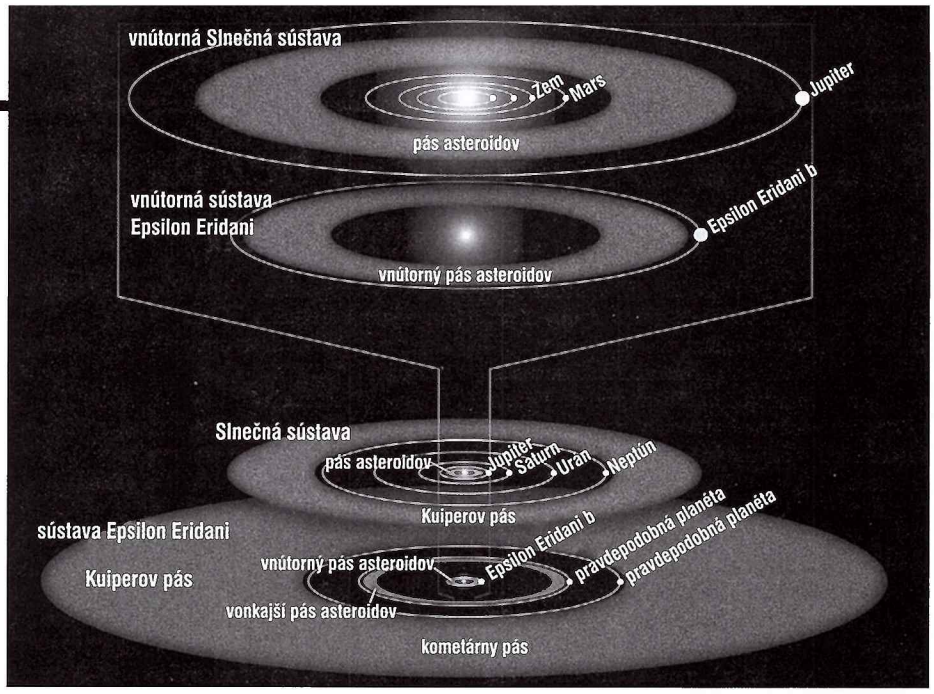
Vážení čitatelia,

Kozmos, ktorý držíte v ruke, vstupuje už do 40. ročníka svojej existencie. Dá sa povedať, že je to malý zázrak. Desiatky periodík sa po roku 1989 z trhu vytratili. Ďalšie sa iba horko-ťažko s malými nákladmi držia nad vodou. Ani Česi si svoju Říši hvězd, kvalitný astronomický mesačník so storočnou tradíciou, po Nežnej revolúcii neudržali. Aj Kozmos po rozdelení štátu prišiel o polovicu čitateľov, najmä v Českej republike. Stratu spôsobila okrem iného aj vyše dvoch rokov trvajúca anarchia v medzištátnom prevádzaní predplatného a ďalšími problémami súvisiacimi s distribúciou. Záplava nových časopisov spôsobila, že dnes na stánkoch predávame sotva desatinu nákladu nášho časopisu. Deväť z desiatich čísiel Kozmosu posielame verným predplatiteľom. Neopustili ste nás, hoci cena časopisu sa v priebehu 20 rokov zvýšila jedenásťkrát. Ocenili ste, že spolu s cenou sa zvýšil i rozsah, počet farebných strán, aktuálnosť a kvalita našich materiálov. Privítali ste, že sme odolali pokušeniu bulvarizovať senzačné astronomické objavy a referujeme o nich včas, vecne a korektne. Mimoriadne si ceníme, že Kozmos má spomedzi všetkých slovenských periodík najvyšší podiel českých čitateľov. A čo je rovnako dôležité, zachovali sme si i priazeň najlepších českých popularizátorov astronómie. I vďaka nim je Kozmos najkvalitnejším periodikom popularizujúcim astronómiu v stredovýchodnej Európe.

Rok 2009 vyhlásilo UNESCO za Medzinárodný rok astronómie. Pod patronátom OSN. Tisíce akcií bude na globálnej úrovni koordinovať IAU – Medzinárodná astronomická únia. Na mnohých z týchto akcií sa budú podieľať aj naši astronómovia. V roku 2009 si pripomenieme i 400. výročie prvého pozorovania astronomických objektov pomocou hvezdárskeho ďalekohľadu Galilea Galileiho. Pripomenieme si i 400. výročie vydania publikácie Astronomia Nova, ktorú napísal Johannes Kepler a 90. výročie smrti Milana Rastislava Štefánika, priekopníka modernej slovenskej astronómie. Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove pripraví v tomto roku aj celý rad ďalších konferencií, odborných seminárov i stretnutí so širokou verejnosťou, ktorá má záujem o astronómiu.

Pri tejto príležitosti si dovoľujem upozorniť vás, vážení čitatelia, že hurbanovská hvezdáreň otvorila v roku 2008 Múzeum Mikuláša Konkoly-Thegeho, ktoré vystavuje aj historické astronomické prístroje a prístroje príbuzných vied. Radi by sme naše múzeum obohatili o ďalšie prístroje a dokumenty. Či už by sme ich získali darom, alebo by sme ich od majiteľov odkúpili. Zlatý vek astronómie trvá. Počet senzačných objavov sa z roka na rok zvyšuje. Rovnako ako dôsledky týchto objavov, prejavujúce sa v neustálom spresňovaní astronomických teórií a ich popularizácie. Astronómia si aj v treťom tisícročí udržuje postavenie Matky vied. Vzdajte jej hold aj čítaním nášho časopisu a účasťou na našich podujatiach. Nech je nebo nad Slovenskom aj v tomto roku jasné.

Teodor Pintér,
generálny riaditeľ SÚH v Hurbanove



Najbližší planetárny systém má dva pásy asteroidov

Epsilon Eridani, najbližšia hviezda s planetárnym systémom, je mladšia, chladnejšia a menej svietivá sestra nášho Slnka. Lovci planét už dávnejšie zistili, že hviezdu obiehajú dve exoplanéty a masívny vonkajší prstenec, obdoba nášho Kuiperovho systému.

Vesmírny ďalekohľad Spitzer objavil teraz dva pásy asteroidov. Jeden je približne v rovnakej vzdialenosti od hviezdy ako náš pás, ktorý krúži okolo Slnka medzi Marsom a Jupiterom. Druhý, menej hustý pás asteroidov, krúži medzi prvým pásom a prstencom komét. Je skoro isté, že systém má aj ďalšie planéty.

Pásy asteroidov sú pozostatkom z raného obdobia formovania planetárnych sústav. V našej sústave drží pás asteroidov pohromade gravitácia Jupitera. Je veľmi pravdepodobné, že najmenej dve ďalšie joviánske planéty objavia aj v sústave Epsilon Eridani.

Astronómovia objavili už niekoľko hviezd s viacerými pásmi asteroidov. Epsilon Eridani je však relatívne blízko, vo vzdialenosti 10 svetelných rokov. Má iba nepatrne nižšiu hmotnosť ako Slnko a je 5,5-krát mladšia: má iba 800 miliónov rokov. Kvôli týmto vlastnostiam sa stala Epsilon Eridani obľúbenou hviezdou autorov sci-fi. Objavila sa v poviedkach Isaaca Asimova i Franka Herberta. Do sústavy zavítali i kozmické lode zo seriálov Star Trek či Babylon.

Epsilon Eridani sa stala jedným z prvých terčov Saganovho projektu vyhľadávania mimozemských civilizácií. Rádioteleskopy ju monitorovali už v roku 1960. Bola to chyba: v tom čase sme ešte nevedeli, že hviezda je taká mladá.

Vesmírny ďalekohľad Spitzer pozoroval Epsilon Eridani infračervenými kamerami i infračerveným spektrografom. Keď asteroidy či kométy kolidujú, trosky po zrážke, v horúcom prachu a plyne dokáže Spitzer rozlíšiť aj detaily a architektúru systému.

Pásy asteroidov rozlíšil Spitzer vo vzdialenosti 3 a 20 AJ od hviezdy. Pás asteroidov v našej Slnečnej sústave leží vo vzdialenosti 3 AJ od Slnka, Urán krúži vo vzdialenosti 19 AJ.

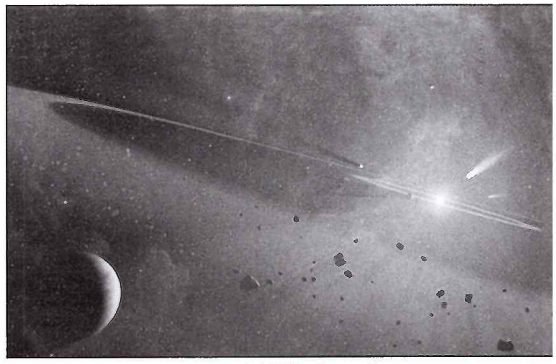
Dve planéty v sústave Epsilon Eridani objavili už v roku 2000. Prvá, EE a, krúži vo rovnakej vzdialenosti ako pás asteroidov: 3,4 AJ. Po prvýkrát sa tak podarilo objaviť pás asteroidov i planétu s parametrami Jupitera v zhruba rovnakej vzdialenosti ako náš pás asteroidov a Jupiter.

Druhá planéta systému, Epsilon Eridani b, má (podľa pôvodných meraní) pretiahnutú eliptickú dráhu (1 až 5 AJ od materskej hviezdy). To by znamenalo, že dráha tejto planéty pravidelne križuje, a teda aj deštruuje pás asteroidov. Nakoľko pás je kompaktný, vedci usúdili, že dráha planéty by mala byť skôr kruhová.

Túto planétu predpovedali už v roku 1998. Nerovnomernosť v distribúcii hmoty vo vonkajšou prstenci komét si ináč nevedeli vysvetliť. Epsilon Eridani b obieha materskú hviezdu podľa najnovších odhadov tesne pred vnútorným okrajom plochého prstenca, ktorý má stredný priemer okolo 55 AJ. (Vnútorný okraj vo vzdialenosti 35 AJ.)

Tento pás objavený Spitzerom svedčí o tom, že by mala existovať aj ďalšia planéta, ktorá ho vytvorila a teraz ho „pasie". Mala by krúžiť medzi obomi už skôr objavenými planétami.

Spitzer Press Release



Takto by mal vyzerať najbližší planetárny systém Epsilon Eridani. Okolo hviezdy obiehajú dva pásy asteroidov, vonkajší prstenec komét a najmenej tri planéty.

Masívne hviezdy by sa bez malých hviezd nesformovali

Masívnych hviezd, 10- až 150-krát hmotnejších ako Slnko, nie je veľa. Majú krátky život, ale keď v agónii vybuchnú ako supernovy, obohacujú galaxiu ťažkými prvkami. Masívne hviezdy sú hlavným zdrojom ťažkých prvkov. Okrem toho vďaka extrémnej jasnosti sú signálom, že vo vzdialených galaxiách prebieha intenzívna hviezdotvorba.

Astrofyzici z dvoch amerických univerzít (UC v Berkeley a Princeton) modelovali formovanie týchto hviezd celých desať rokov. Údaje získavali štúdiom podmienok vo vnútri chladných oblakov molekulárneho vodíka, kde sú podmienky priaznivejšie najmä na formovanie masívnych hviezd. Ukázalo sa však, že bez pomoci malých hviezd by sa masívne hviezdy nesformovali. Iba keď sa v kolabujúcom oblaku rýchle sformujú hviezdy s malou hmotnosťou, vzniknú podmienky aj na formovanie hviezdnych obrov. Len dostatočný počet malých hviezd zabráni oblaku, aby sa rozpadol na fragmenty. V malých oblakoch by sa mohli formovať iba malé hviezdy.

„Malé hviezdy zohrejú vodíkový oblak natoľko, že sa nerozpadne," vraví Christopfer McKee, astrofyzik z Berkeley. „Obrie hviezdy sa môžu sformovať iba v celistvom, veľkom a horúcom oblaku."

Typický medzihviezdny oblak vodíka je chladný: teplota v ňom kolíše medzi 10 až 20 K. Malé hviezdy však dokážu teplotu vo svojom okolí dvoj- až trojnásobne zvýšiť. Ak je malých hviezd veľa, dokážu rozpadávanie oblaku zastaviť, pričom ich synergický vplyv pri optimálnej konštelácii dokáže teplotu oblaku zvýšiť až o niekoľko kelvinov!

Každá malá hviezda vo vodíkovom oblaku má svoju zónu vplyvu. V riedkom oblaku je táto zóna malá. Riedky oblak má malú hmotnosť, takže lokálne gravitačné kolapsy sú v ňom ojedinelé.

Ak je hustota v oblaku vyššia, plyn a malé hviezdy sa k sebe približujú. Vnútro oblaku je čoraz hustejšie, súdržnejšie, horúcejšie. Vzniká prostredie, v ktorom sa po kolapse veľkého množstva hmoty môže sformovať obria hviezda.

Takéto kolapsy sú možné iba vo veľkých vodíkových oblakoch, až miliónkrát hmotnejších ako naše Slnko. Napríklad v našej Galaxii, v hmlovine Orión, sa paralelne formuje množstvo masívnych hviezd vo vnútri gigantického molekulárneho oblaku.

Formovanie začína v podmienkach, keď hustota v oblaku dosiahne hodnotu milióna molekúl vodíka na kubický centimeter. (V podmienkach Zeme by to bolo extrémne vákuum. Hustota častíc v atmosfére Zeme je 10 biliónkrát vyššia.) V oblaku však takáto hustota stačí na to, aby sa oblak začal zmršťovať. Tak sa v priebehu niekoľkých stoviek tisícok rokov sformuje masívna hviezda.

Na periférii oblakov, kde je v danej oblasti nižšia hustota, formujú sa iba malé hviezdy. Koľko malých hviezd sa formuje v hustejších oblastiach vzdialených galaxií, iba odhadujeme. Zo Zeme totiž dokážeme rozlíšiť iba veľké hviezdy, takže odhady sú nepresné. Celkový počet malých hviezd v susedstve obrov je podľa vedcov určite vyšší. Prognózy amerického tímu potvrdzujú údaje zo vzdialených galaxií, ktoré získali v UV žiarení. Údaje využili pri vytváraní veľkoškálových modelov formovania hviezd v chladných molekulárnych oblakoch na počítačoch. Zdá sa, že počítačové modely matematickú teóriu potvrdia: bez včasného sformovania dostatočného počtu malých hviezd by formovanie masívnych hviezd nebolo možné.

Nature

Protoplanetárne disky prikrmujú mladé hviezdy

Mladá hviezda sa formuje uprostred plynového disku, ktorý okolo nej obieha. V tom istom disku sa neskôr sformujú aj planéty. Najbližšie oblasti, kde sa rodia mladé hviezdy sú vzdialené 500 svetelných rokov, takže tieto disky sa dajú podrobnejšie študovať len s použitím špeciálnej techniky.

Najproduktívnejšou technikou je interferometria, ktorá kombinuje svetlo dvoch, alebo viacerých ďalekohľadov. Pomocou interferometrie sa dá študovať aj prach, ktorý obieha mladú hviezdu v tesnej blízkosti. Prach však tvorí iba 1% celkovej hmotnosti disku. Jeho hlavnou zložkou je plyn, pričom z jeho rozloženia v telese disku sa dá odhadnúť aj konečná architektúra formujúceho sa planetárneho systému.

Nová technika umožňuje získať spektrá objektov s milisekundovým rozlíšením. S pomocou takého rozlíšenia možno mapovať aj protoplanetárne disky. Astronómovia preštudovali okolie šiestich mladých hviezd z rodiny HerbigAe/Be objektov. Ide napospol o mladé hviezdy, ktoré majú niekoľkonásobne vyššiu hmotnosť ako Slnko. Astronómovia ich nazývajú „kojencami", lebo ich formovanie ešte neskončilo a všetky naberajú hmotnosť nasávaním hmoty zo svojich diskov.

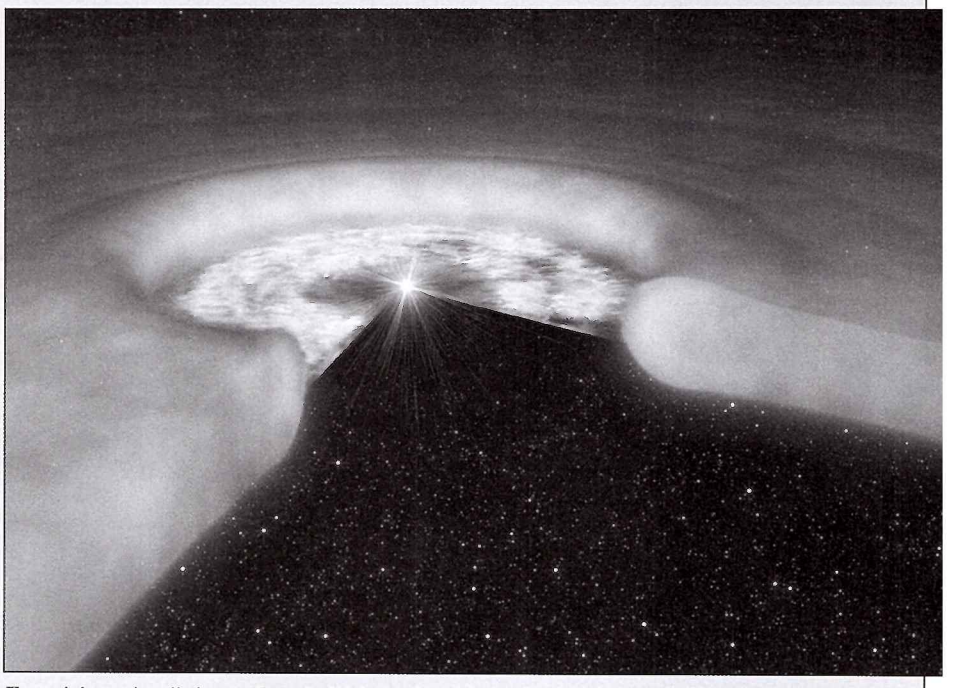
Výskum do istej miery objasnil fyzikálne procesy, ktoré prebiehajú blízko tučnejúcich hviezd.

Vedci pri dvoch hviezdach zistili nasávanie hmoty, pri ďalších štyroch, naopak, odliv hmoty. Buď pôsobením hviezdnych vetrov, alebo vetrov, ktoré generuje dynamika diskov.

V jednom prípade obieha disk mladú hviezdu v takej blízkosti, ktorú teória vylučovala, pretože prach by sa pod vplyvom vysokej teploty mal vypariť. Lenže nevyparuje sa...! To znamená, že ho musí chrániť nejaký štít, najskôr plyn.

Podrobnejšie štúdie pomocou interferometrie odhalia postupne mechnizmy dozrievania mladých hviezd i vzniku a evolúcie ich planetárnych sústav.

ESO Press Release



Ilustrácia znázorňuje okolie mladej hviezdy, geometriu prachu vonkajšieho, masívneho prachového disku i horúceho disku krúžiaceho v tesnej blízkosti mladej hviezdy. Ilustrácia nezobrazuje reálne proporcie. Šírka vnútorného disku totiž zodpovedá vzdialenosti Zem/Slnko, ale vonkajší disk je desaťkrát väčší.

Život a smrť superhviezd

Wolf-Rayetove hviezdy sú veľké, horúce a jasné. Chŕlia plyn a prach všetkými smermi. Iba keď pochopíme, ako umierajú, môžeme rozlúštiť mystérium najväčších explózií vo vesmíre.

V ľudskom živote sa staroba ohlasuje poklesom vitality. Človek stráca energiu, je čoraz usadlejší. Keď zostarne masívna hviezda, začne sa správať ako pubertiak. Nevie sa zmestiť do kože, je hlučná a agresívna, vypľúva do okolia plyn a prach, ktoré môžu všetko v jej okolí zničiť.

Astronómovia nazvali masívne hviezdy v poslednom štádiu života Wolf-Rayetovými hviezdami. Naše Slnko oproti Wolf-Rayetovej hviezde, ozrutnej a extrémne svietivej, vyzerá ako neduživý trpaslík. Wolf-Rayetove hviezdy vyžarujú toľko svetla a tepla, že si už nedokážu udržať vonkajšiu plynovú obálku. Hviezdny vietor sa z takejto hviezdy šíri rýchlosťou 11 miliónov kilometrov za hodinu.

Štádium „Wolf-Rayet" je v živote hviezdy krátke. Naše Slnko žiari už 4,5 miliardy rokov. Dnes je v polovici svojej hviezdnej existencie. Wolf-Rayetove hviezdy žiaria menej ako milión rokov! Keď masívna hviezda skonzumuje jadrové palivo, hlboko v jej vnútre sa odohrá dramatická zmena. Jadro skolabuje a rozpúta sa najväčší kozmický ohňostroj: zostarnutá hviezda hynie výbuchom supernovy. Tento úkaz je pozorovateľný (vo viditeľnom svetle) aj zo vzdialenosti niekoľkých miliárd svetelných rokov. Explóziu môže sprevádzať aj vzplanutie žiarenia gama, čo je najmohutnejší výbuch energie vo vesmíre.

Naozaj čudné hviezdy

V roku 1867 študovali spektrá hviezd v súhvezdí Labuť dvaja hvezdári: Charles Wolf a Georges Rayet z Parížskeho observatória. Vo všetkých spektrách ich udivili široké, svetlé emisné čiary. Materiál s takým spektrálnym otlačkom sa musel pohybovať vysokou rýchlosťou. Také čosi dovtedy nezaznamenali. Odvtedy boli objavené desiatky takýchto hviezd. (Na počesť objaviteľov ich nazvali Wolf-Rayetovými hviezdami.)

V roku 1929 sa kanadský astronóm Carlyle Beals pokúsil široké emisné čiary Wolf-Rayetových hviezd vysvetliť. Podľa Bealsa sa tak prejavuje hustý prúd unikajúcej hmoty, šíriaci sa do okolia hviezdy veľkou rýchlosťou. Dnes tento úkaz nazývame hviezdnym vetrom. V prípade Wolf-Rayetových hviezd je hviezdny vietor taký intenzívny, že v priebehu 100 000 rokov vynesie z masívnej hviezdy materiál rovnajúci sa hmotnosti Slnka. Vietor je taký hustý, že zacláňa hviezdu pred pohľadom zvonka. Pozorovateľ skúmajúci Wolf-Rayetovu hviezdu vidí iba jasný oblak okolo nej.

Na Wolf-Rayetových hviezdach je všetko nezvyčajné. Predovšetkým: sú neobyčajne zriedkavé. V Galaxii objavili astronómovia sotva 300 Wolf-Rayetových hviezd, skoro všetky vo vnútorných špirálových ramenách a v jadre.

Wolf-Rayetove hviezdy sú veľké: 7 až 20-krát masívnejšie ako Slnko. Patria aj medzi najhorúcejšie hviezdy. Teplota ich povrchu môže dosahovať až 60 000 °C, čo je 12-násobok povrchovej teploty Slnka.

Veľké, modré, divoké: Wolf-Rayetove hviezdy majú zo všetkých hviezd najhorúcejší povrch a najbúrlivejšie hviezdne vetry. Zahaľuje ich prach a plyn, ktoré hviezda v poslednom štádiu života rozptyľuje do okolitého priestoru.

Svietivosť (parameter vyjadrujúci svietivý výkon) Wolf-Rayetových hviezd je doslova ohromujúca: sú až miliónkrát jasnejšie ako Slnko. Vo vzdialených galaxiách môžeme preto pozorovať iba Wolf-Rayetove hviezdy. Z tohto dôvodu sa stali pre astronómov znamenitým prostriedkom pri štúdiu slabých, sotva viditeľných galaxií.

Život supersĺnk

Veľké, horúce a jasné... Napriek týmto vlastnostiam sú Wolf-Rayetove hviezdy sotva tieňom svojej podoby z mladosti. Sformovali sa v hlavnej postupnosti ako superobrie hviezdy typu O, 25- až 100-krát hmotnejšie ako Slnko. Počas 90 % svojho relatívne krátkeho života (nanajvýš niekoľko miliónov rokov) superobri konzumujú vodík. V tom istom čase v ich vnútre pomaly rastie héliové jadro, obklopené stenčujúcou sa vonkajšou obálkou vodíkového plynu.

Starnúci nadobor sa časom premení na červeného superobra. Takým je napríklad Betelgeuze, jasná hviezda v ľavom ramene Oriona. Keď červený nadobor spotrebuje všetko vodíkové palivo, začne konzumovať hélium z jadra. Fúzia hélia je však možná iba vtedy, keď teplota v jadre stúpne na viac ako 100 miliónov kelvinov. Prudký nárast žiarenia a teploty spôsobí, že vonkajšie vrstvy plynu v obálke napuchnú.

Podaktorí astronómovia sa nazdávajú, že ak má mladý superobor väčšiu hmotnosť ako 35 Sĺnk, hviezda sa stane počas héliového štádia nestabilnou a prejavuje sa búrlivými, periodickými erupciami. Tak sa postupne vyvinie do podoby jasnej, modrej, premennej hviezdy. Eta Carinae je pre tento typ príkladom ako z veľkej knihy.

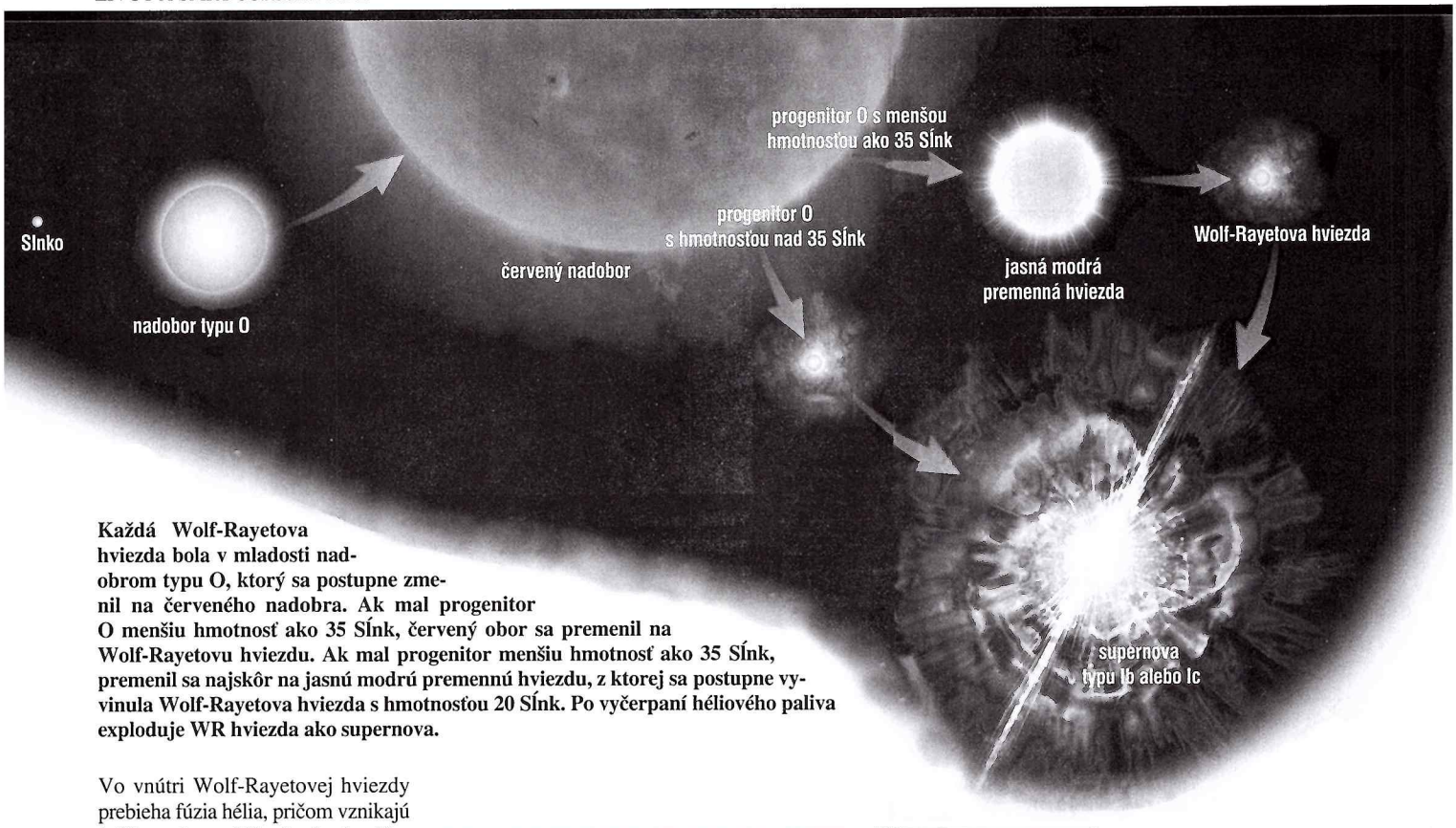
Stáva sa, že sa modrá premenná hviezda zbaví takého množstva hmoty, že z nej nakoniec ostane iba héliové jadro so šticou silného hviezdneho vetra: práve tak vyzerá typická Wolf-Rayetova hviezda.

Ak má však mladý nadobor typu O menšiu hmotu ako 35 Sĺnk, jeho vývoj je odlišný. Preskočí štádium jasnej, modrej, premennej hviezdy a premení sa priamo na Wolf-Rayetovu hviezdu!

Základné zmeny

V štádiu Wolf-Rayet sa obria hviezda zmenší na teleso s hmotnosťou 7 až 20 Sĺnk, s 12-násobne väčším priemerom, ako má Slnko. V tomto štádiu je to guľa hélia, obalená tenučkou vrstvou vodíka.

Thorova helma: tak sa volá hmlovina, v ktorej hniezdi WR 7, Wolf-Reyetova hviezda, vymetajúca okolie búrlivými vetrami. V tomto štádiu agónie majú tieto hviezdy sotva polovicu svojej pôvodnej hmotnosti. Zvyšok v krátkom čase rozprášili do okolitého priestoru.



Každá Wolf-Rayetova hviezda bola v mladosti nadobrom typu O, ktorý sa postupne zmenil na červeného nadobra. Ak mal progenitor O menšiu hmotnosť ako 35 Slnk, červený obor sa premenil na Wolf-Rayetovu hviezdu. Ak mal progenitor menšiu hmotnosť ako 35 Slnk, premenil sa najskôr na jasnú modrú premennú hviezdu, z ktorej sa postupne vyvinula Wolf-Rayetova hviezda s hmotnosťou 20 Slnk. Po vyčerpaní héliového paliva exploduje WR hviezda ako supernova.

Vo vnútri Wolf-Rayetovej hviezdy prebieha fúzia hélia, pričom vznikajú ťažšie prvky – uhlík, dusík a kyslík.

Wolf-Rayetove hviezdy delíme na niekoľko základných typov. Každý predstavuje Wolf-Rayetovu hviezdu v inom štádiu vývoja.

V prvom štádiu spáli hviezda zvyšok vodíkového paliva, pričom sa obohacuje o dusík, jeden z najhojnejších vedľajších produktov vodíkovej fúzie. Tieto hviezdy nazývame WN hviezdami. Ich teplota je 30 000 až 40 000 kelvinov.

Keď hviezda zostarne a spáli aj zvyšok vodíka, jadro sa scvrkne, dusík rozptýli a teplota povrchu sa zvýši na 100 000 kelvinov. Hviezda sa vyvinula do WN hviezdy, obohatenej o uhlík a kyslík, produkty héliovej fúzie. V tomto prípade sa už všetok vodík minul.

Ojedinele sa Wolf-Rayetove hviezdy môžu vyvinúť na typ WO hviezd, bohatých na kyslík. V našej Galaxii sme zatiaľ objavili iba niekoľko WO hviezd.

Počas tohto štádia strácajú Wolf-Rayetove hviezdy každých 100 000 rokov hmotnosť rovnajúcu sa nášmu Slnku. S prihliadnutím na pôvodnú hmotnosť (7 až 20 Slnk) ide o značnú stratu hmotnosti. Wolf-Rayetove hviezdy môžu takto „schudnúť" na polovicu. Hviezdny vietor rozptyľuje materiál do okolitého priestoru. Stane sa surovinou na vznik nových hviezd a planét.

Prach vo vetre

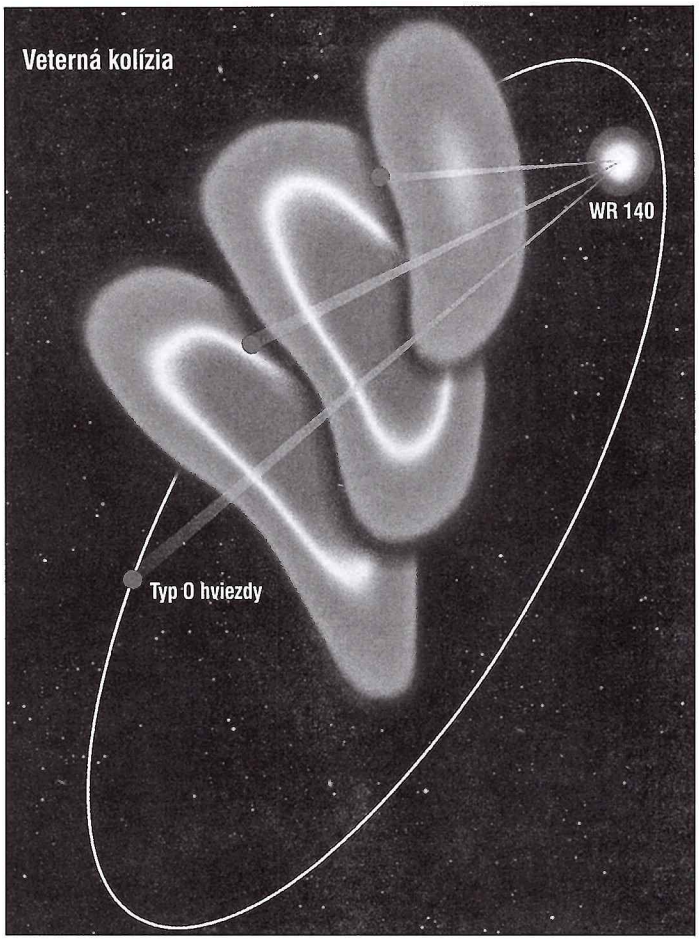
Pre mnohé Wolf-Rayetové hviezdy platí, že podiel uhlíka v ich vetroch dosahuje až 15 %. Ako dokážu vyprodukovať toľko prachu, je však záhadou. Prach sa dokáže sformovať v plyne iba v relatívne chladnom, hustom prostredí. Iba vtedy sa dokážu atómy usporiadať do molekúl.

Priestor okolo Wolf-Rayetových hviezd je však mimoriadne horúci. V horúcich, rýchlych hviezdnych vetroch sa prach nijako sformovať nemôže. Napriek tomu: niektoré Wolf-Rayetove hviezdy produkujú prach neustále, iné iba počas periodických vzplanutí.

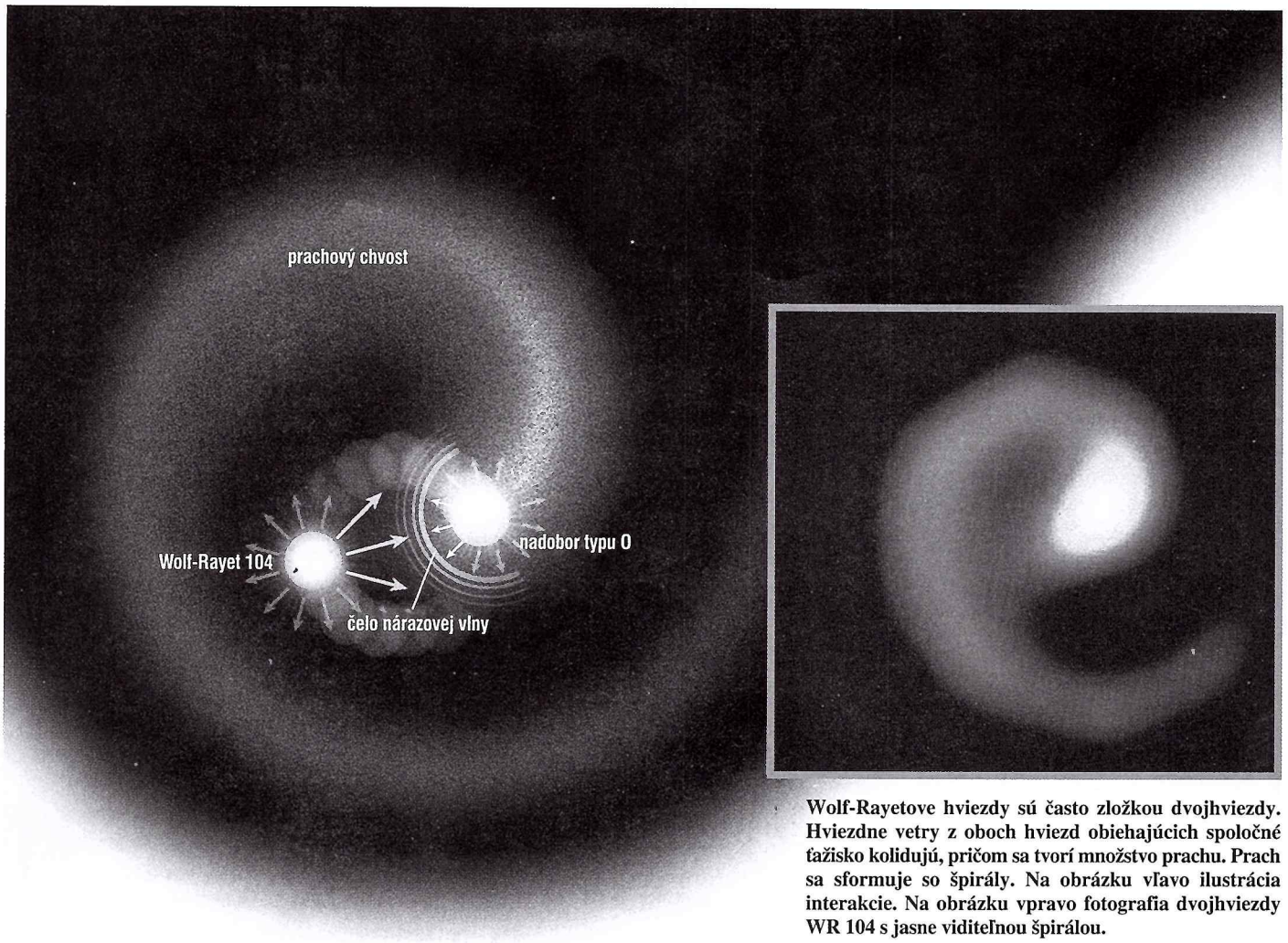
Najdôkladnejšie preštudovaným zo všetkých (periodicky prach produkujúcich) Wolf-Rayetových hviezd je dvojhviezdny systém WR 140. Wolf-Rayetova hviezda a nadobor typu O obiehajú okolo spoločného ťažiska za 7,94 dňa. Keď sa O hviezda maximálne priblíži k Wolf-Rayetovej hviezde, počas niekoľkých mesiacov sa v jej hviezdnom vetre objavuje prach. Prvý raz to zaznamenali v roku 1985, potom v roku 1993 a naposledy vo februári 2001. Najbližšie vzplanutie sa očakáva v prvej polovici roku 2009!!!

Čo sa deje v tomto „zaprášenom" systéme? Časť vedcov tvrdí, že prach sa produkuje v kritickej zóne, kde sa hviezdne vetry zrážajú. Vietor z dvojhviezdy WR 140 je sformovaný do tenkého disku. Vo chvíli, keď sa spolupútnik k WR hviezde najviac priblíži, rozčerí aj tento veterný disk.

Kolízna zóna je dostatočne hustá, takže atómy uhlíka sa v nej môžu pokojne spájať do molekúl, z ktorých sa potom formujú čiastočky



Wolf-Rayetova hviezda (WR 140 a nadobor typu O obiehajú spoločné ťažisko. Keď sa hviezda O približuje k WR 140, za istou hranicou začnú ich hviezdne vetry kolidovať. Zrážka vetrov generuje rádiové vlny, ktoré umožňujú vedcom zmapovať zmeny vzájomných pozícií a odhadnúť meniacu sa vzdialenosť hviezdy O od WR 140. Ilustrácia vznikla na podklade údajov z VLBA, jedného z najväčších pozemských rádioteleskopov.



Wolf-Rayetove hviezdy sú často zložkou dvojhviezdy. Hviezdne vetry z oboch hviezd obiehajúcich spoločné ťažisko kolidujú, pričom sa tvorí množstvo prachu. Prach sa sformuje so špirály. Na obrázku vľavo ilustrácia interakcie. Na obrázku vpravo fotografia dvojhviezdy WR 104 s jasne viditeľnou špirálou.

prachu. Chemické a fyzikálne detaily tohto procesu sú však neznáme.

Väčšina astronómov sa nazdáva, že Wolf-Rayetove hviezdy, ktoré produkujú prach, musia byť súčasťou tesnejšej dvojhviezdy s výraznou kolíznou zónou.

Prachové špirály

V roku 1998 objavili americkí astronómovia zvláštny úkaz. Pomocou obrieho ďalekohľadu Keck-1 získali infračervené snímky z objektu WR 104. Na snímke objavili prachový chvost, obiehajúci okolo WR 104 raz za 241 dní. Cyklické správanie môže vysvetliť iba prítomnosť doteraz neviditeľného spolupútnika.

Podobné prachové chvosty objavili neskôr aj pri iných Wolf-Rayetových hviezdach. Okolo svojich hviezd obiehajú podľa zákonov Archimedovej špirály, pripomínajúcej architektúru slimačej ulity.

Tieto krútňavy prachu vznikajú asi takto: zložky dvojviezdy obiehajú spoločné ťažisko, pričom rýchly hviezdny vietor z Wolf-Rayetovej hviezdy sa zráža s pomalším, menej hustým vetrom hviezdy O. Prachový chvost sa kvôli silnému vetru z WR 104 formuje najmä za „štítom" hviezdy O a až neskôr sa špirála zavinie aj okolo dvojhviezdy. *(Pozri obrázok.)* Podobne sa rozvíja aj chvost kométy, približujúcej sa k Slnku.

Napriek tomu, že sa hviezda O pohybuje po takmer dokonalej kruhovej dráhe, prach sa formuje do rozširujúcej sa špirály, podobne ako voda tryskajúca z otáčajúcej sa fontánky. Tak vznikne prachová špirála dlhá niekoľko miliárd kilometrov.

Ako umierajú

Po uplynutí niekoľkých stotisíc rokov sa Wolf-Rayetove hviezdy dostanú do záverečného štádia. Už aj hélium dohára, jadrové reakcie v jadre čoskoro utíchnu. Čo sa stane potom?

Vedci sa nazdávajú, že hviezda vybuchne ako supernova typu Ib, alebo typu Ic. Spektrá oboch supernov totiž pripomínajú spektrá Wolf-Rayetových hviezd. Pritom Ib supernova je záverečným štádiom WN hviezd (bohatých na dusík), Ic supernova je záverečným štádiom WC hviezd (bohatých na kyslík). Čo z toho vyplýva? Ak majú zvyšky po supernovách Ib a Ic rovnaké spektrálne odtlačky, potom sú zložené z toho istého materiálu. Možno povedať, že supernovy sú vybuchujúce Wolf-Rayetove hviezdy? Ak áno, v takom prípade by mohli byť Wolf-Rayetove hviezdy aj zdrojom dlhých vzplanutí žiarenia gama, ktoré trvajú dlhšie ako 2 sekundy.

Po výbuchu supernov typu Ib a Ic jadro hviezdy skolabuje a exploduje. V centre sa sformuje čierna diera. Jedno z vysvetlení dlhých vzplanutí žiarenia gama predpokladá kolaps a rotáciu, pretože iba kolaps masívnej, rýchle rotujúcej hviezdy generuje výtrysky z oboch polárnych oblastí. Astronómovia svoju hypotézu podopreli faktami: vesmírne ďalekohľady detegovali po výbuchu supernovy krátke vzplanutie gama, ale aj dosvit v röntgenovej a optickej oblasti.

Dlhé vzplanutia žiarenia gama však po výbuchu Wolf-Rayetovych supernov zatiaľ nezaznamenali. Supernovy sa objavujú ziedkavo a neočakávane. Počas posledných 400 rokov sme v našej Galaxii nezaznamenali ani jedinú! Nikto nemal možnosť študovať, ako sa Wolf-Rayetova hviezda premení na supernovu.

Podobnosť spektier supernov Ib a Ic so spektrami hviezd WN a WC je zrejmá, ale priamy vzťah ešte nebol dostatočne dokázaný. Nikto presne nevie, kedy tieto hviezdy vybuchnú, ani to, prečo vybuchujú. Kým sa nepodarí preštudovať progenitora možných supernov typu Ib a Ic, dôkazy o ich príbuznosti budú stáť na vode.

Ani jedna z doteraz objavených Wolf-Rayetovych hviezd nie je príliš blízko Zeme. Najbližšiu, V 444 Cygni, delí od nás 3700 svetelných rokov. Ak by zajtra vybuchla a vygenerovala by aj vzplanutie žiarenia gama, nás by táto kataklizma neohrozila. Ak by sme však tento výbuch včas zachytili a monitorovali (vďaka pohotovosti vesmírnych ďalekohľadov), mali by sme v rukách údaje, ktoré by jednu z vyššie spomenutých teórií a hypotéz buď potvrdili, alebo spochybnili. A naše znalosti o evolúcii hviezd by boli opäť bohatšie.

Astronomy

Farba rastlín na iných planétach

Hľadanie života na iných planétach už nie je iba záležitosťou science fiction či ufológov. Na scéne sa objavili vedci. A tí vyvinuli technológie, ktoré dokážu detegovať chemické i fyzikálne znaky biologických procesov aj na exoplanétach. Doteraz sme objavili už vyše 300 exoplanét. Na jednej z nich boli pred rokom objavené stopy vodnej pary. Paru prezradilo svetlo materskej hviezdy prechádzajúce atmosférou. Medzi doteraz objavenými exoplanétami nebola zatiaľ ani jedna terestrická. Vyvíjajú sa však ďalekohľady, ktoré do piatich rokov dokážu detegovať príznaky života aj na Zemi podobných planétach.

Akú farbu majú rastliny na exoplanétach. Farba povrchu na exoplanétach môže prezradiť, či sú tam živé organizmy, ale aj to, či získavajú energiu z materskej hviezdy fotosyntézou.

Fotosyntéza sa prispôsobuje spektru svetla, ktoré prúdi k organizmom. Toto spektrum je odtlačkom žiarenia materskej hviezdy, prefiltrovaného atmosférou hviezdy a v prípade vodných organizmov aj filtrom vody.

Svetlo od hlbokého ultrafialového až po blízke infračervené je energiou pre fotosyntézu. Okolo hviezd, ktoré sú horúcejšie a modrejšie ako naše Slnko, absorbujú rastliny modré svetlo a mali by mať odtiene zelenej a žltej farby. Okolo chladnejších hviezd, napríklad červených trpaslíkov, absorbujú rastliny menej viditeľné svetlo, ale v čo najväčšom množstve. Rastliny na týchto planétach by mali byť čierne.

Fotosyntéza na Zemi dokáže produkovať veľmi jasné znaky biologického života, čitateľné aj z kozmu. Funguje aj na iných planétach? Mala by fungovať všade, kde je svetlo a voda v tekutom skupenstve. Hoci: na Zemi sa darí niektorým organizmom aj na dne mora, v hĺbkach, kam svetlo Slnka neprenikne. Potrebnú energiu a živiny čerpajú z hydrotermálnych, horúcich prieduchov.

Fotosyntéza sa môže prejaviť na dva spôsoby: prítomnosťou biologicky generovaných atmosférických plynov, napríklad kyslíka, a jeho produktu, ozónu; farbami na povrchu planéty, ktoré prezradia špecializované pigmenty, napríklad zelený chlorofyl. Pátranie po podobných pigmentoch má dlhú históriu. Už pred storočím považovali niektorí vedci sezónne zmeny farby na povrchu Marsu za dôkaz vegetácie. H. G. Wells v románe Vojna svetov napísal, že dominantnou farbou rastlín na Marse nie je zelená, ale červená farba. Dnes vieme, že zmeny sfarbenia povrchu Červenej planéty spôsobujú prašné búrky a okopnievanie zasrieneného terénu v jarnej sezóne.

Na Zemi však žijú fotosyntetické organizmy, ktoré nie sú zelené. Niektoré rastliny majú červené listy. Riasy pod hladinou vody i kolónie fotosyntetických baktérií hrajú doslova všetkými farbami. Existujú baktérie, ktorým sa pod infračerveným svetlom darí rovnako dobre ako pod prírodným svetlom. Takže aké organizmy by mali dominovať na exoplanétach? Ako ich rozoznáme? Odpoveď závisí od toho, ako sa mimozemská fotosyntéza prispôsobila svetlu tamojšej hviezdy, ktorá môže mať iné parametre ako naše Slnko. Ako filtruje svetlo hviezdy atmosféra exoplanéty, ktorá môže mať iné zloženie ako pozemská?

Mystérium premeny svetla na energiu

Astrobiológovia sa zamerali najmä na štúdium pozemskej fotosyntézy. Získané poznatky sa stanú kľúčom k najrozličnejším prejavom tohto zázraku premeny energie aj na iných planétach. Spektrum energie slnečného svetla sa na Zemi najvýraznejšie prejavuje v modrozelenej farbe. Prečo? Fotosyntéza nezávisí iba od celkového množstva svetelnej energie, ale od energie množiny fotónov, ktoré vytvárajú svetlo.

Modré fotóny majú viac energie ako červené, ale Slnko vyžaruje viac červených. Rastliny na Zemi konzumujú modré i červené fotóny. Modré kvôli ich kvalite, červené kvôli ich kvantite. Zelené fotóny uprostred spektra nevynikajú ani kvalitou, ani množstvom, preto ich rastliny absorbujú v menšom množstve.

Základný proces fotosyntézy, ktorý zachytáva jeden atóm uhlíka (z oxidu uhličitého CO_2) a fixuje ho do molekuly jednoduchého cukru, potrebuje najmenej 8 fotónov. Jeden fotón na štiepenie väzby kyslík/vodík vo vode (H_2O), pričom sa uvoľňuje jeden elektrón pre biochemické reakcie. Na vytvorenie jednej molekuly kyslíka (O_2), musia sa rozrušiť 4 takéto väzby. Každý z týchto fotónov je posilnený najmenej jedným ďalším fotónom kvôli ďalšej reakcii, ktorej produktom je cukor.

Spôsob, akým rastliny využívajú slnečné svetlo, je zázrakom prírody. Fotosyntetické pigmenty, napríklad chlorofyl, nie sú izolovanými molekulami. Operujú v sieti ako zostava antén, pričom každá z nich poľuje na fotóny s inou vlnovou dĺžkou. Chlorofyl prednostne absorbuje červené a modré svetlo. Karoténový pigment, ktorý sfarbuje na jeseň listy dočervena a dožlta, vyhľadáva najmä fotóny s rozličnými odtieňmi modrej farby. Všetky tieto energie sa napokon sústredia v špeciálnej molekule chlorofylu, ktorá sa stane centrom chemickej reakcie štiepiacej vodu a uvoľňujúcej kyslík.

Tento proces je kľúčom k tomu, ako si pigmenty volia farby. Komplex molekúl v centre môže vytvárať chemické reakcie iba vtedy, ak zachytí červený fotón alebo ekvivalent jeho energie v nejakej inej forme. Pigmentová anténa uprednostňuje modré fotóny, pretože redukcia vysokej energie (z modrých fotónov) na úroveň nižších energií (červených fotónov) je najvýhodnejšia. Pripomína to transformáciu vysokého napätia 100 000 voltov na 120- či 240-voltové výstupy elektrickej siete pre domácnosti.

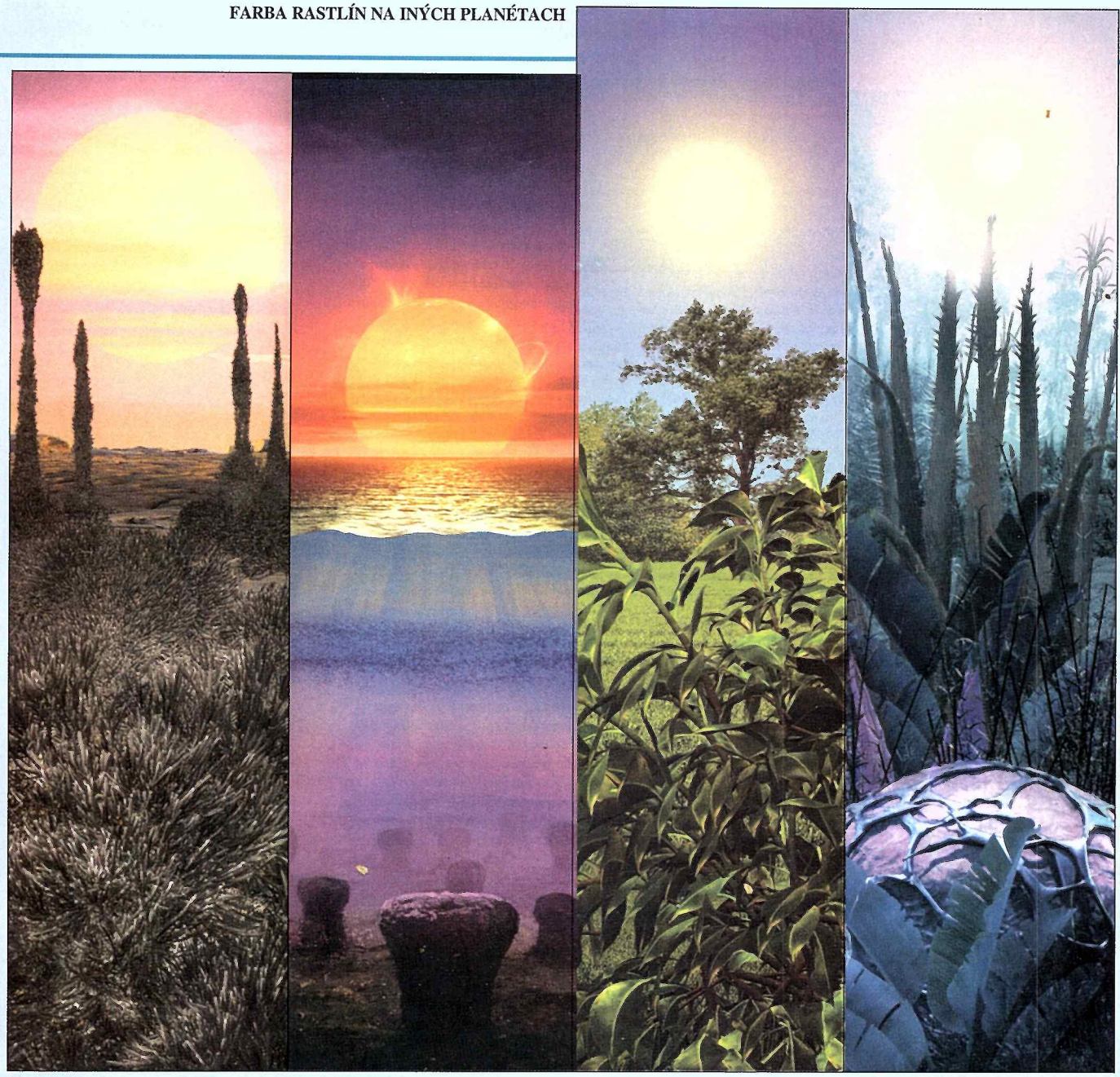
Proces začína vtedy, keď modrý fotón nabudí pigment absorbujúci modrú farbu a nabije energiou jeden z elektrónov v molekule. Keď sa elektrón vráti do svojho normálneho stavu, uvoľňuje energiu. Uvoľnená energia sa mení na teplo a vibrácie, elektrón však uvoľňuje menej energie ako absorboval.

Molekula pigmentu neuvoľňuje svoju energiu vo forme iného fotónu, ale prostredníctvom elektrickej interakcie s inou molekulou pigmentu, ktorá dokáže absorbovať energiu na nižšej úrovni. Pigment vzápätí uvoľní opäť menšie množstvo energie a tento proces potom pokračuje až dovtedy, kým sa pôvodná energia modrého fotónu nezníži na úroveň červenej. Anténa pigmentov dokáže konvertovať modré, zelené a žlté fotóny na červené. Centrum reakcie sa na konci tohto rozpadu adaptuje na protóny s najmenšou možnou energiou. Na povrchu našej planéty sú červené protóny najhojnejšie a zároveň sú to aj protóny s najnižšou energiou vo viditeľnom spektre.

Pre fotosyntézu pod vodou nemusia byť červené fotóny najhojnejšie. Svetelné niky sa menia s hĺbkou, pretože svetlo filtruje nielen voda, ale aj vo vode rozpustené látky a vo vode vegetujúce organizmy. Dôsledkom je jasná rozlíšenie životných foriem podľa toho, akú zmes pigmentov si osvojili. Organizmy v hlbších vrstvách vody majú pigmenty, ktoré sú prispôsobené absorbovať tie farby svetla, ktoré sem zhora prenikli. Napríklad riasy a cyanobaktérie/sinice majú pigmenty – fykobiliny, ktoré absorbujú iba zelené a žlté fotóny. Baktérie, ktoré neprodukujú kyslík, majú baktériochlorofyly, konzumujúce ďaleké červené a blízke infračervené svetlo, pretože iba toto svetlo dokáže preniknúť do väčších hĺbok.

Organizmy, ktoré sa adaptovali na menšie množstvo svetla, rastú pomalšie, pretože spotrebujú viac energie na zachytenie svetla, prenikajúceho až k nim. Na povrchu planéty, kde je dostatok svetla, by pre rastliny nebolo výhodné vyvíjať špeciálne pigmenty, takže si radšej z pestrej palety farieb vyberajú.

Rovnaké evolučné princípy by mali platiť aj



Červená Zem, zelená Zem, modrá Zem: na M hviezdach (červení trpaslíci) by rastliny na Zemi podobnej planéte boli čierne, aby absorbovali čo najviac slabého svetla *(prvý panel.)*. Mladé M hviezdy zaplavujú povrch planét ultrafialovým žiarením, takže organizmy môžu vegetovať iba pod vodou *(druhý panel)*. Vegetácia na Zemi, planéte typu G *(tretí panel)*. Vegetácia na planétach, obiehajúcich okolo F hviezd, má viac svetla ako potrebuje, preto väčšinu pomocou listov so špeciálnymi pigmentmi odráža *(štvrtý panel)*.

na exoplanétach, krúžiacich v zelenom páse okolo materskej hviezdy.

Tak ako sa vodné organizmy prispôsobili vodou prefiltrovanému svetlu, tak sa organizmy na povrchu Zeme adaptovali na svetlo, ktoré prefiltrovali plyny v atmosfére. V najvrchnejšej vrstve atmosféry sú najhojnejšie žlté fotóny na vlnových dĺžkach 560 až 590 nanometrov. Počet fotónov klesá pomaly s dlhšími a rýchle s kratšími vlnovými dĺžkami. Keď slnečné svetlo prenikne najvrchnejšou atmosférou, vodná para absorbuje infračervené svetlo v niekoľkých vlnových dĺžkach pod hladinou 700 nanometrov. Kyslík absorbuje žiarenie v dvoch sériách tenkých čiar, ktoré majú hrany pri vlnových dĺžkach 687 a 761 nm, blokujúcich plyn. Vieme, že ozón, O_3, vytvára v stratosfére vrstvu, ktorá absorbuje ultrafialové žiarenie. Už menej sa vie, že ozón do istej miery absorbuje aj viditeľné svetlo.

Suma sumárum, v našej atmosfére sú okná, ktoré prepúšťajú žiarenie/svetlo na povrch planéty. Okno pre viditeľné svetlo je definované na modrom okraji poklesu intenzity fotónov na krátkych vlnových dĺžkach, ktorých zdrojom je Slnko, ale aj ozón, absorbujúci žiarenie UV. Červený okraj definujú absorpčné čiary kyslíka. Najvyššia hodnota množstva fotónov vytvára sendvič od žltej až po červenú (okolo 685 nm) v dôsledku vysokej absorpcie vo viditeľnom svetle.

Rastliny sa tomuto svetlu prispôsobili. Proces prispôsobovania reguluje najmä kyslík, ktorý do atmosféry začali dodávať až prvé rastliny. Keď sa na Zemi objavili prvé fotosyntetické organizmy, atmosféra bola takmer bez kyslíka, preto museli využívať iné pigmenty chlorofylu. Fotosyntéza časom zloženie atmosféry zmenila, množstvo chlorofylu sa optimalizovalo.

Prvý dôkaz o fotosyntéze sa uchoval vo fosíliách starých 3,4 miliardy rokov. Našli sa však aj staršie fosílie, v ktorých vedci príznaky fotosyntézy objavili.

Fotosyntéza začala najskôr fungovať pod vodou. V neposlednom rade preto, lebo voda je priam optimálne rozpúšťadlo (výhoda pre biochemické reakcie) a zároveň chráni organizmy pred intenzívnym UV žiarením. (V tomto období ešte ochranný ozónový štít neexistoval.) Fotosyntézou sa živili vodné baktérie, ktoré absorbovali infračervené fotóny. Do ich chemických reakcií vstupovali vodík, sírovodík a železo (voda nie!), takže neprodukovali kyslík.

Fotosyntéza, ktorá umožnila produkciu kyslíka cyanobaktériami v oceánoch, sa začala

Časový sled fotosyntézy na Zemi

Fotosyntéza sa vyvinula už v ranom štádiu vývoja Zeme. Rýchlosť, s akou sa rozšírila, naznačuje, že rovnako rýchle sa môže rozšíriť v priaznivých podmienkach aj na exoplanétach. Ak organizmy dodávajú do atmosféry plyny, ktoré zmenia svetelné podmienky, okamžite sa prispôsobia zmenou farby.

▼Sformovanie Zeme ▼ Prvé horniny a kyslík v atmosfére Dnešok ▼

4,6 miliardy rokov 4 3 2 1

Údaje sú v miliardách rokov: 3,4 ▲ 2,7 ▲ 1,2 ▲ 0,75 ▲ 0,475 ▲ 0,423

Prvé fotosyntetické baktérie
Absorbujú viac infračerveného ako viditeľného svetla. Produkujú síru a sírany, zriedkavo aj kyslík. Ich pigmenty (podľa všetkého baktériochlorofyly) sú predchodcami chlorofylu. Trávy, stromy, kaktusy majú výrazné kmene a vyvinuté koruny s rôznymi ihličkami či listami, aby absorbovali čo najviac svetla.

Cyanobakérie/ /sinice
sú prvými producentmi kyslíka. Absorbujú viditeľné svetlo a využívajú celý rad pigmentov: fykobiliny, karotenoidy a niekoľko druhov chlorofylu.

Červené a hnedé riasy
už majú zložitejšiu bunečnú štruktúru ako baktérie. Aj tie však využívajú fykobilinové pigmenty a rozličné druhy chlorofylu. Žijú v hlbších vrstvách vody.

Zelené riasy
sa vyvinuli v šelfových plytčinách. Zaobídu sa bez fykobilinu.

Prvé rastliny na pevnine
machy a lišajníky sú potomkami zelených rias. Majú korene i kmeň s cievnym systémom. Vodu získavajú z pôdy. Nedokážu narásť do väčších rozmerov.

Cievnaté rastliny
trávy, stromy, kaktusy majú výrazné kmene a vyvinuté koruny s rôznymi ihličkami či listami, aby absorbovali čo najviac svetla.

pred 2,7 miliardami rokov. Množstvo kyslíka sa zvyšovalo, ozónová vrstva bola čoraz hrubšia. V oceánoch sa začali rýchle rozmnožovať červené a hnedé riasy. Keď silnejúci ozónový štít umožnil rozvoj života aj v plytkých šelfoch, nastal čas zelených rias. Tie už nepotrebovali fykobiliny, pretože sa prispôsobili silnejšiemu svetlu. Napokon rastliny, ktoré sa vyvinuli zo zelených rias, vystúpili na pevninu. Dva milióny rokov potom, ako sa kyslík začal v atmosfére akumulovať. Zhruba pred 700 000 rokmi.

Nastala explózia rastlinného života od machov a lišajníkov až po cievnaté rastliny s vysokými kmeňmi, ktoré pomocou listov dokážu zachytiť viac svetla a rýchlejšie sa vedia prispôsobovať premenlivej klíme. Ihličnaté stromy majú kužeľovitý tvar, vďaka čomu dokážu efektívne zachytávať slnečné svetlo aj pod nízkym Slnkom vo vysokých zemepisných šírkach. Listnaté rastliny majú atocyanin, ochranu proti príliš silnému svetlu.

Zelený chlorofyl zodpovedá súčasnému zloženiu atmosféry, ale zároveň ju aj stabilizuje. Je to uzavretý cyklus, vďaka ktorému je naša planéta zelená.

Nie je vylúčené, že vyššie štádium evolúcie bude favorizovať iné organizmy, vegetujúce v prítmí pralesov a blízko polárnych oblastí, ktoré budú využívať fykobiliny absorbujúce zelené a žlté svetlo. Organizmy vystavené priamemu slnečnému žiareniu však budú vždy zelené.

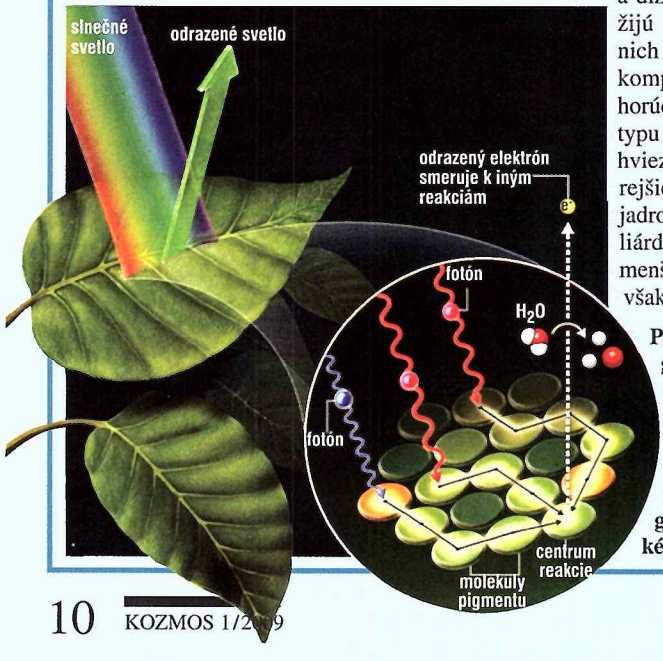
Červený svet

Pri hľadaní fotosyntetických pigmentov na exoplanétach budú musieť astrobiológovia zohľadniť štádium ich evolúcie. Napríklad objavia planétu, ktorá bude vyzerať ako Zem pred 2 miliardami rokov. Musia počítať aj s tým, že subjekty fotosyntézy budú mať iné vlastnosti a schopnosti ako pozemské a dokážu štiepiť vodu aj pomocou dlhovlnových fotónov.

Najdlhšiu vlnovú dĺžku v pozemskej fotosyntéze 1,015 nm (v infračervenej oblasti) využívajú purpurové, anoxygenické baktérie. Najdlhšiu vlnovú dĺžku pri oxygenickej fotosyntéze, 720 nm, využívajú morské cyanobaktérie. Pravidlá fyziky však nemajú horný limit. Veľký počet dlhovlnových fotónov môže vyvolať rovnaký efekt ako fotóny na kratších vlnách.

Limitujúcim faktorom nie je však vhodnosť pigmentov, ako skôr spektrum svetla dopadajúceho na tú-ktorú planétu. A to závisí najmä od typu hviezdy.

Astronómovia klasifikujú hviezdy podľa farby, z ktorej odvodzujú teplotu, rozmery a dĺžku života. Iba niektoré hviezdy žijú dostatočne dlho na to, aby na nich mohol vzniknúť a vyvinúť sa komplexnejší život. Sú to od najhorúcejšej po najchladnejšiu hviezdy typu F, G, K a M. Naše Slnko je G hviezda. F hviezdy sú väčšie, modrejšie a jasnejšie, a kým spália jadrové palivo, uplynie niekoľko miliárd rokov. K a M hviezdy sú menšie, menej jasné a červenšie, žijú však podstatne dlhšie.



Pigmenty vo fotosyntetických organizmoch sa špecializujú iba na vybraný typ svetla, zvyšok rozptyľujú. Energia fotónu sa prenáša sieťou molekúl pigmentu do centra reakcie, kde sa rozkladá voda a uvoľňujú energetické elektróny pre biochemické reakcie.

Každá z týchto hviezd má v určitej vzdialenosti zelený pás. Ak sa v tomto páse sformovala nejaká planéta s dostatočne hustou atmosférou, na jej povrchu by mala panovať teplota, umožňujúca existenciu vody v tekutom skupenstve. V našej Slnečnej sústave krúžia v zelenom páse dve planéty: Zem a Mars.

V prípade F hviezd je zelený pás pre terestrickú planétu ďalej ako pri našom Slnku. V prípade K a M hviezd je tento pás bližšie. V ich zelenom páse by na povrch prípadnej planéty dopadlo rovnaké množstvo svetla ako na Zem. Na takej planéte by sa ľahko mohla objaviť kyslíková fotosyntéza podobná tej na Zemi. Farba pigmentovy by sa pohybovala v rozmedzí optického pásu.

M hviezdy, nazývané aj červení trpaslíci, si zaslúžia zvláštnu pozornosť. V Galaxii je ich totiž najviac, podľa aktuálnych odhadov tvoria až 85 % hviezdnej populácie. Emitujú menej viditeľného, zato viac infračerveného svetla. John Raven z University of Dundee v Škótsku a Ray Wolstencroft, astronóm z Royal Observatory v Edinburgu, sa nazdávajú, že kyslíková fotosyntéza je teoreticky možná aj s blízko-červenými fotónmi. Organizmus by na rozštiepenie molekuly H_2O potreboval 3 infračervené fotóny. (Pozemské rastliny vystačia s dvomi.) Fotóny prenášajú potrebnú energiu na elektrón počas chemickej reakcie postupne, ako jednotlivé stupne rakety.

M hviezdy v mladosti emitujú silné UV žiarenie. To nie je pre vznik života dobré. Organizmy môžu smrtiacemu žiareniu vzdorovať iba hlboko pod štítom vody, kam preniká málo svetla. Kam svetlo neprenikne, tam fotosyntéza nefunguje. Vo vyššom veku produkujú M hviezdy občasné UV vzplanutia, ale v priemere menej intenzívne ako pri našom Slnku. Organizmy by sa na nich zaobišli aj bez ochranného ozónového štítu. Rýchle by mohli kolonizovať pevninu.

Astrobiológovia vypracovali štyri možné scenáre života zohľadňujúce typ a vek hviezd F,G,K a M:

Anaerobický život v oceánoch: Materskou hviezdou je ľubovoľná hviezda. Organizmy nemusia produkovať kyslík; v atmosfére by

mohli dominovať aj iné plyny, napríklad metán.

Aerobický život v oceánoch: Materská hviezda je ľubovoľná, staršia hviezda. Vyvíja sa už dosť dlho na to, aby sa na nej mohla objaviť fotosyntéza produkujúca kyslík.

Aerobický život na súši: Materská hviezda je ľubovoľná slabá hviezda. Rastliny pokrývajú pevniny. V tomto štádiu sa teraz nachádza naša Zem.

Anaerobický život na súši: Materská hviezda je zostarnutá M hviezda, takže UV žiarenie je nepatrné. Rastliny pokrývajú pevninu, ale možno neprodukujú kyslík.

Fotosyntetické bioznaky budú v každom prípade inakšie. Zo skúsenosti mapovania Zeme zo satelitov vieme, že život v oceánoch je očami vesmírnych ďalekohľadov naozaj chudobný. V prípade prvých dvoch scenárov by sa neobjavili silné bioznaky pigmentu; život by sa prejavil iba plynmi v atmosfére, ktoré sú jeho produktom. A preto sa vedci študujúci farby mimozemských rastlín zamerajú najmä na rastliny súše, či už na planétach krúžiacich okolo F, G a K hviezd s kyslíkovou fotosyntézou, alebo na planétach v rodinách M hviezd, s akýmkoľvek typom fotosyntézy.

Čierna farba je novou zelenou

Bez ohľadu na špecifikum hviezd fotosyntetické pigmenty sa všade musia správať podľa tých istých pravidiel ako na Zemi. Pigmenty najvďačnejšie absorbujú také fotóny, ktoré sa vyskytujú buď v najväčšom počte, buď majú najkratšiu možnú vlnovú dĺžku (a teda sú najenergetickejšie), alebo majú najdlhšiu možnú vlnovú dĺžku, kde ešte prebieha absorpcia.

Ako typ hviezdy podmieňuje farbu rastlín? To je otázka, na ktorú sa spoločne pokúšajú odpovedať vedci z mnohých vedeckých disciplín. Stelárnici, planetológovia, astrobiológovia i chemici...

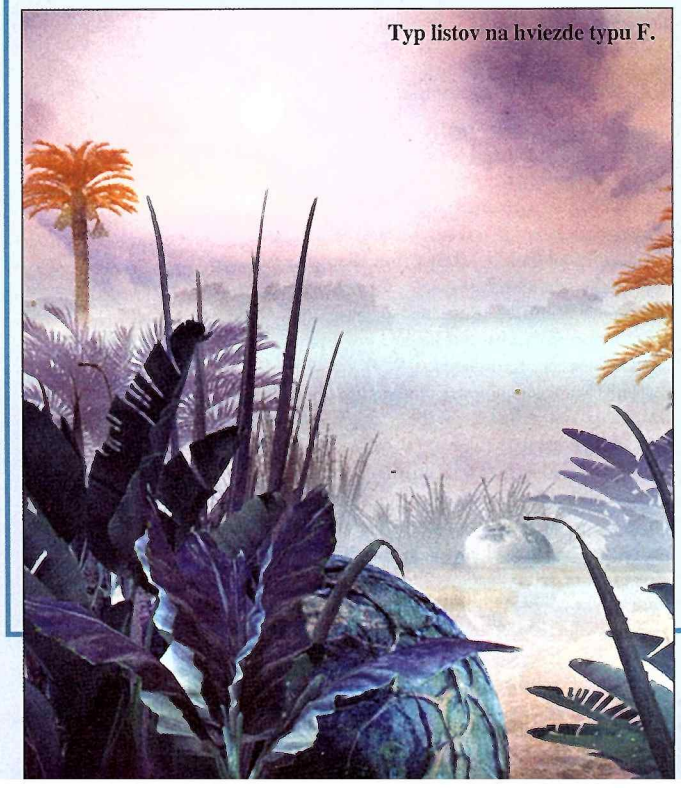
Martin Cohen, stelárnik z UC v Berkeley, získal údaje z F hviezdy (sigma Bootis), K hviezdy (epsilon Eridani), aktívnej M hviezdy (AD Leo) a hypotetickej, vyhasínajúcej M hviezdy s teplotou 3 100 kelvinov. Antigona Segura, astronómka National Autonomous University v Mexiku, nasimulovala na počítači, ako by sa vyvíjala Zemi podobná planéta v zelenom pásme týchto štyroch hviezd. Študovala interakcie medzi hviezdnym žiarením a primerane konštantnou atmosférou (vrátane predpokladu, že sopky obohacujú atmosféry rovnakým množstvom plynu) s cieľom odhadnuť chémiu týchto atmosfér: v podmienkach, ak je kyslíku toľko ako na Zemi; a v podmienkach, kde je množstvo O_2 zanedbateľné.

Tím Giovanny Tinettiovej z University College London, prepočítal filtrovanie žiarenia pomocou modelu, vyvinutého v Jet Propulsion Laboratory. (Model vypracovali na základe údajov o množstve svetla, ktoré dopadalo na solárne panely marťanských roverov.) Výskedok vyplýva z definície tried spektrálnej klasifikácie hviezd.

Výsledok analýzy: fotóny, ktoré dopadajú na povrch planét v rodine F hviezd, sú prevažne modré, pričom najviac z nich sa prejavuje v pásme 451 nm. Pri K hviezdach sú najpočetnejšie červené fotóny v pásme 667 nm, približne tak ako na Zemi. Ozón zohráva dôležitu rolu, pretože pod jeho vplyvom je svetlo F hviezd modrejšie, ako by bolo bez neho, a svetlo K hviezd červenšie.

Z toho vyplýva, že rastliny na planétach v rodine F a K hviezd by mali byť, až na nepatrné odlišnosti, rovnako sfarbené ako rastliny na Zemi. V prípade F hviezd je prúd modrých fotónov taký intenzívny, že rastliny by sa mali pred nimi chrániť ochranným pigmentom, pripomínajúcim atocyanin. Vedci nevylúčili ani možnosť, že tieto rastliny môžu konzumovať iba modré svetlo, pričom zelené svetlo nižšej kvality menia na červené svetlo. Spektrum reflektovaného svetla z týchto planét by malo mať výrazný modrý okraj, takže ďalekohľady by ho nemohli zachytiť.

Rozsah teplôt na M hviezdach ponúka pestrú paletu farieb rastlín. Planéta krúžiaca okolo pohasínajúcej M hviezdy prijíma iba polovicu energie, ktorú prijíma Zem od Slnka. V tamojších podmienkach by aj takéto množstvo energie (ide o 60-násobok minima, ktoré postačuje pozemským rastlinám v tieni) malo umožňovať evolúciu organizmov, hoci väčšina fotónov by bola v blízkej infračervenej oblasti. Evolúcia tam dokáže vyprodukovať väčšie množstvo fotosyntetických pigmentov, ktoré by dokázali absorbovať viditeľné a infračervené svetlo v celom rozsahu vlnových dĺžok. Efekt však bude bizarný: vzhľadom na to, že by rastliny odrážali iba malé množstvo svetla, naše oči by ich vnímali ako čierne.



Typ listov na hviezde typu F.

Nejasná purpurová škvrna

Z evolúcie našej planéty vieme, že v oceánoch sa mohli uchytiť a vyvíjať organizmy využívajúce fotosyntézu už vtedy, keď v atmosfére Zeme ešte nebol kyslík. Práve tieto rastliny kyslík postupne vyrobili a napumpovali do zemskej atmosféry. Iba potom mohli morské organizmy opustiť kolísku v moriach a oceánoch a kolonizovať pevniny.

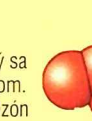
V prípade M hviezd by optimálne prostredie pre vznik organizmov pod hladinou morí malo byť v hĺbke 9 metrov. Tam už by boli chránené pred UV žiarením a zároveň ešte mali dosť svetla. Pod hladinou vody ich nedokážu detegovať ani najcitlivejšie ďalekohľady budúcnosti. Ak vývoj prebiehal podobne ako na Zemi a aj ony už osídlili súš, mohli by využívať svetlo na rozličných vlnových dĺžkach. V tom prípade by mali najrozličnejšie pestré sfarbenie.

Pri hľadaní týchto kolónií života na exoplanétach bude dôležité, či sú kontinenty súše

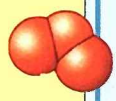
Tieto molekuly môžu byť znakmi života

Kyslík (O_2) plus voda (H_2O).

Aj na planétach bez vegetácie je v atmosfére trochu kyslíka. Vzniká rozpadom vodnej pary. Tento kyslík sa však rýchle spotrebuje oxidovaním hornín a vulkanických plynov. Ak má exoplanéta veľa kyslíka, musí na nej existovať nejaký jeho zdroj. Kyslíková fotosyntéza je najpravdepodobnejším zdrojom.

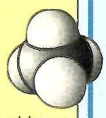


Ozón (O_3)



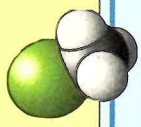
Žiarenie v najvrchnejšej vrstve atmosféry rozkladá kyslík, ktorý sa rekombinuje na ozón. Spolu s vodou je ozón silným bioznakom. Kyslík môžeme detegovať na viditeľných vlnových dĺžkach. Ozón iba na infračervených.

Metán (CH_4) plus kyslík, prejavujúci sa v sezónnych cykloch



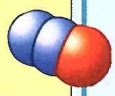
Kombinácia metánu a kyslíka na exoplanéte je jasným znakom fotosyntézy. Rovnako sezónne kolísanie množstva metánu. Na mŕtvej planéte je množstvo CH_4 konštantné. Mierny pokles jeho objemu je dôsledkom rozpadu molekúl pod vplyvom žiarenia hviezdy.

Metylchlorid (CH_3Cl)



Na Zemi je produktom horiacej vegetácie, najmä lesov, a pôsobenia slnečného žiarenia na morský planktón. Oxidácia CH_3Cl rozkladá. Na Marse by však jeho koncentrácia mohla dosahovať merateľné hodnoty.

Oxid dusíka (N_2O)



Keď sa tkanivo rastliny rozkladá, uvoľňuje dusík vo forme oxidu dusíka. Iné zdroje N_2O, napríklad blesky, sú zanedbateľné.

Filtrovanie slnečného svetla

Farba rastlín závisí od spektra svetla z danej hviezdy. Astronómovia ho môžu ľahko detegovať. Bez problémov sa dá modelovať aj filtrovanie svetla vzduchom a vodou, pričom východiskom sú údaje o zložení atmosféry a bioznakoch na tej-ktorej exoplanéte.

TYP HVIEZDY: M (stará)
Hmotnosť*: 0,2
Svietivosť*: 0,0044
Vek: 500 mld. rokov
Vzdialenosť obežnej dráhy modelovanej planéty v zelenom páse: 0,07 AJ

TYP HVIEZDY: M (mladá)
Hmotnosť*: 0,5
Svietivosť*: 0,023
Vek: 1 mld. rokov v aktívnom štádiu
Celkove: 200 mld. rokov
Vzdialenosť obežnej dráhy modelovanej planéty v zelenom páse: 0,16 AJ

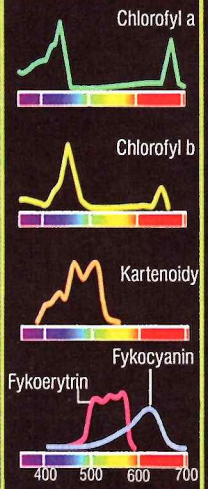
TYP HVIEZDY: G
Krivky v grafoch vyjadrujú slnečné spektrum na Zemi
Vek: 10 miliárd rokov
Vzdialenosť obežnej dráhy Zeme: 1 AJ

TYP HVIEZDY: F
Hmotnosť*: 1,4
Svietivosť*: 3,6
Vzdialenosť obežnej dráhy modelovanej planéty: 1,69 AJ

** parameter hviezdy vzhľadom k Slnku*

Fotosyntetické pigmenty absorbujú vlnové dĺžky v širokom rozsahu. Všetky pozemské rastliny využívajú chlorofyl a a b, spolu so zmesou kartenoidných pigmentov. Riasy a cyanobaktérie využívajú pigmenty typu fykobilin.

RELATÍVNA ABSORBCIA



SVETLO HVIEZDY

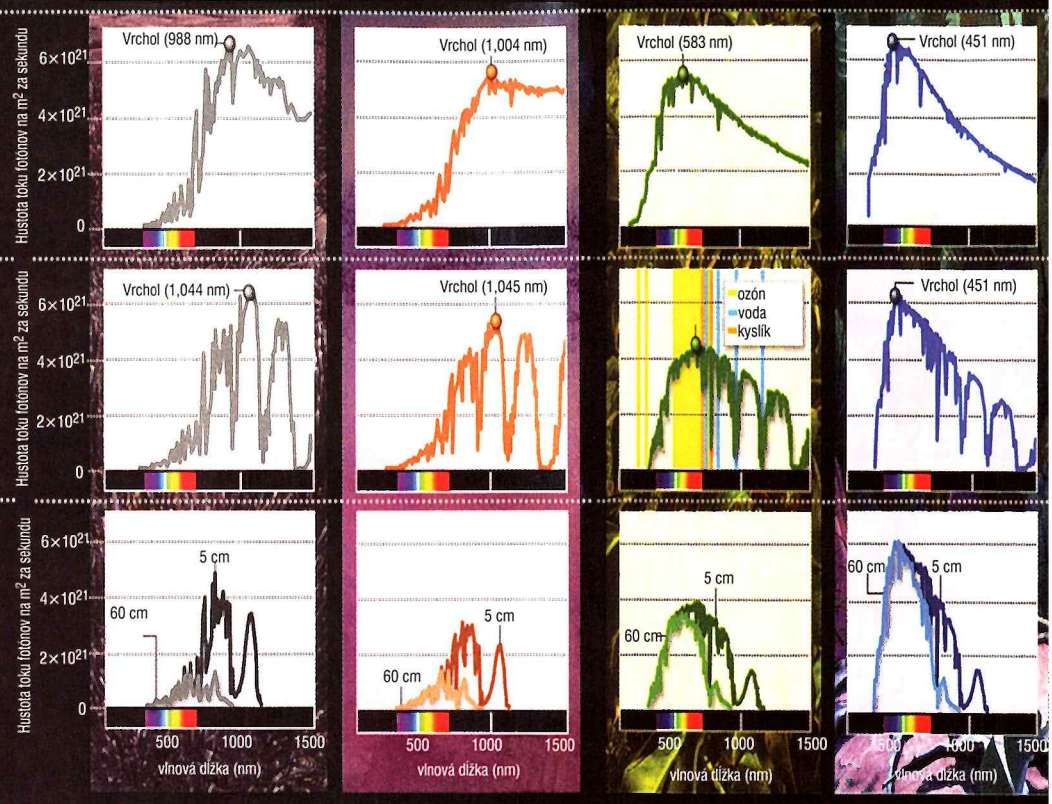
Pred vstupom do atmosféry je svetlo každej hviezdy charakteristické. Jeho tvar závisí od teploty povrchu hviezdy, s nepatrnými vrcholkami, ktoré spôsobuje absorbcia v atmosfére hviezdy.

POVRCH

Plyny v atmosfére exoplanéty absorbujú svetlo hviezdy nerovnomerne. Posúvajú jeho farbu vytvárajú absorpčné čiary, otlačky vlnových dĺžok.

POD VODOU

Voda prepúšťa modré svetlo a absorbuje červené a infračervené svetlo.



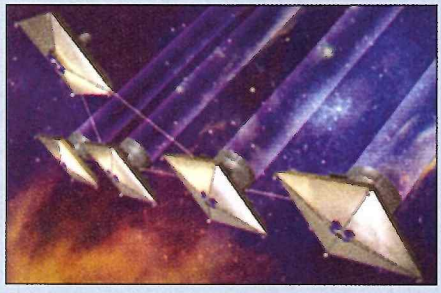
dostatočne veľké na to, aby ich mohli prístroje spoľahlivo preskúmať. Prvá generácia týchto ďalekohľadov rozlíši terestrickú planétu ako svetlý bod. Nedokážu zmapovať jej povrch a získať globálne, spriemerovateľné spektrá. Na to, aby sa v spektre prejavila prítomnosť rastlín, museli by pokrývať najmenej 20 % povrchu planéty, a to pri bezoblačnej oblohe. Na druhej strane, fotosyntéza morských organizmov uvoľňuje do atmosféry oveľa viac kyslíka. Platí: čím výraznejšie sa prejavujú bioznaky pigmentov, tým slabšie budú čiary spektra. A naopak. Pozorovatelia môžu zaznamenať jedny, alebo druhé.

Ak vesmírny ďalekohľad rozlíši tmavý pás v reflektovanom svetelnom spektre planéty a identifikuje tak predpovedané farby, človek, ktorý to bude analyzovať, vstúpi do histórie. Objaví mimozemský život.

Dnes vieme predpovedať, či mimozemská exoplanéta s patričnými parametrami bude mať zelenú, žltú, alebo oranžovú vegetáciu. Podrobnejšie predpovede však predbežne nie sú možné. Na Zemi dokážeme prečítať spektrálny odtlačok chlorofylu, a preto bez problémov detegujeme organizmy na pevninách. (Na oceánoch iba fytoplanktón.) Bude mať chlorofyl na exoplanétach rovnaký odtlačok? Alebo má tamojšia vegetácia iný prostriedok, ktorým mení svetlo na energiu?

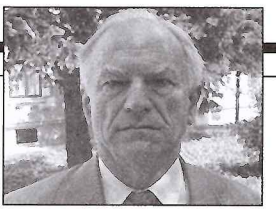
Objav života na exoplanétach (živých organizmov, nie fosílií) je už iba otázkou času. Na ktoré hviezdy sa prednostne zameriame? Dokážeme zmerať spektrá planét, ktoré obiehajú materské M hviezdy po veľmi blízkych obežných dráhach? Na akých vlnových dĺžkach by mali ďalekohľady novej generácie pracovať? Aká by mala byť ich rozlišovacia schopnosť? Konštruktéri týchto prístrojov budú musieť zohľadniť všetko, čo vieme o pozemskej fotosyntéze. Tieto vedomosti však ešte nie sú úplné. Hľadanie mimozemského života môže byť úspešné iba vtedy, keď sa podarí zjednotiť vedcov zo všetkých oblastí, ktorí k tomu majú čo povedať.

Scientific American



Európska vesmírna agentúra pripravuje vypustenie satelitu Darwin, ktorý bude merať spektrá terestrických exoplanét. To isté bude robiť satelit Terrestrial Planet Finder (TPL) z dielne NASA *(na snímke)*. Satelit COROT, ktorý ESA vypustila už v roku 2006 a satelit Kepler, ktorý vypustí NASA už v tomto roku, budú slúžiť lovcom exoplanét. Oba dokážu detegovať nepatrné pohasnutie hviezdy počas cyklického tranzitu exoplanéty. Satelit SIM PlanetQuest bude hľadať exoplanéty meraním nepatrných zmien radiálnych rýchlostí hviezd, ktoré spôsobuj gravitácia exoplanéty.

Zrodila sa kvantová teória v Hurbanove?



Balázs Lajos (22. 4. 1941) – maďarský astronóm. Zaoberá sa problematikou stelárnej štatistiky a výskumom podmienok vzniku hviezd. V súčasnosti je riaditeľom Konkolyho observatória MAV v Budapešti.

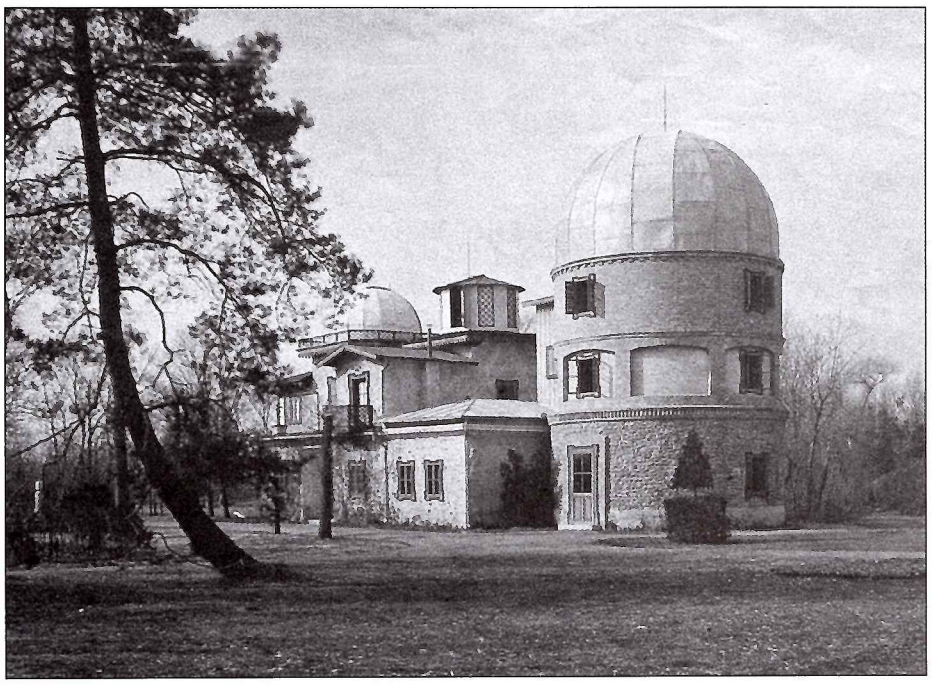
Mikuláš Konkoly Thege, zakladateľ hvezdárne v Hurbanove a Kövesligethy Radó. Výročia v roku 2009 sa spájajú aj s ich menami. 16. mája 2009 uplynie 110 rokov, čo Konkoly venoval svoje súkromné observatórium štátu a 11. októbra 2009 – 75 rokov od Kövesligethyho smrti.

Pri tejto príležitosti uverejňujeme článok dr. Balázsa Lajosa, riaditeľa Konkolyho observatória Maďarskej akadémie vied v Budapešti, ktorý poodhaľuje prácu hvezdárne v Hurbanove na sklonku 19. storočia.

Mikuláš Konkoly Thege

Astronomický ústav Maďarskej akadémie vied v Budapešti oslávi 16. mája 2009 110. výročie svojho založenia. Uvedený dátum je dňom, v ktorom dr. Mikuláš Konkoly Thege, zakladateľ hvezdárne v Hurbanove, venoval svoje observatórium štátu. Za štát prevzal hvezdáreň vtedajší minister školstva barón Gyula Vlassics. Doteraz som sa dejinami vedy intenzívne nezaoberal. Pripravujúc sa však na 100. výročie založenia hvezdárne som už v roku 1999 preštudoval mnohé dokumenty kolegov spred mnohých desaťročí a čoraz viac vo mne vzbudzovali úctu k ich práci a odborným výsledkom.

Pri štúdiu týchto dokumentov sa mi prostredníctvom našej knihovníčky Vargha Domokosné dostala do rúk aj kniha Radó Kövesligethyho *Grundzüge einer theoretischen Spektralanalyse* vydanej v roku 1890 v Halle. So záujmom som listoval vo viac než 100-stránkovom diele, ktoré vytvoril v tom čase ani nie 28-ročný mladý muž. Kniha bola preplnená zložitými, na prvý pohľad komplikovanými rovnicami. Na konci knihy som objavil obrázok, ktorý sa neuveriteľne podobal na spektrum žiarenia čierneho telesa podľa Planckovho zákona. Zmocnilo sa ma vzrušenie. História vedy učí, že riešenie problému žiarenia čierneho telesa umožnila až Planckova kvantová hypotéza. Alebo to tak nie je? Prípadne nie je potrebná na jeho vyriešenie? Alebo existovala kvantová teória už jedno desaťročie pred Planckom? Rozhodol som sa, že sa pokúsim odhaliť toto tajomstvo.



Konkolyho hvezdáreň v v Hurbanove na konci 19. storočia.

Zrod astrofyziky

Oblasti vzdialeného vesmíru sa prejavujú veľmi jednoducho. Týmto jednoduchým „spôsobom" je elektromagnetické žiarenie, ktoré zahŕňa aj viditeľné svetlo. Prichádzajúce žiarenie nás zastihuje vo forme priečnej elektromagnetickej vlny. Túto vlnu popisuje niekoľko jednoduchých fyzikálnych veličín: smer šírenia vlny, vlnová dĺžka, amplitúda a smer polarizácie. Najprv sa nám podarilo určiť iba smer šírenia vlny a na tomto základe bola vybudovaná klasická vetva astronómie, tzv. pozičná alebo sférická astronómia. Tejto klasickej astronómii vďačí ľudstvo za viaceré dôležité a z pohľadu každodenného života nepostrádateľné výsledky, akými sú napríklad kalendár a navigácia.

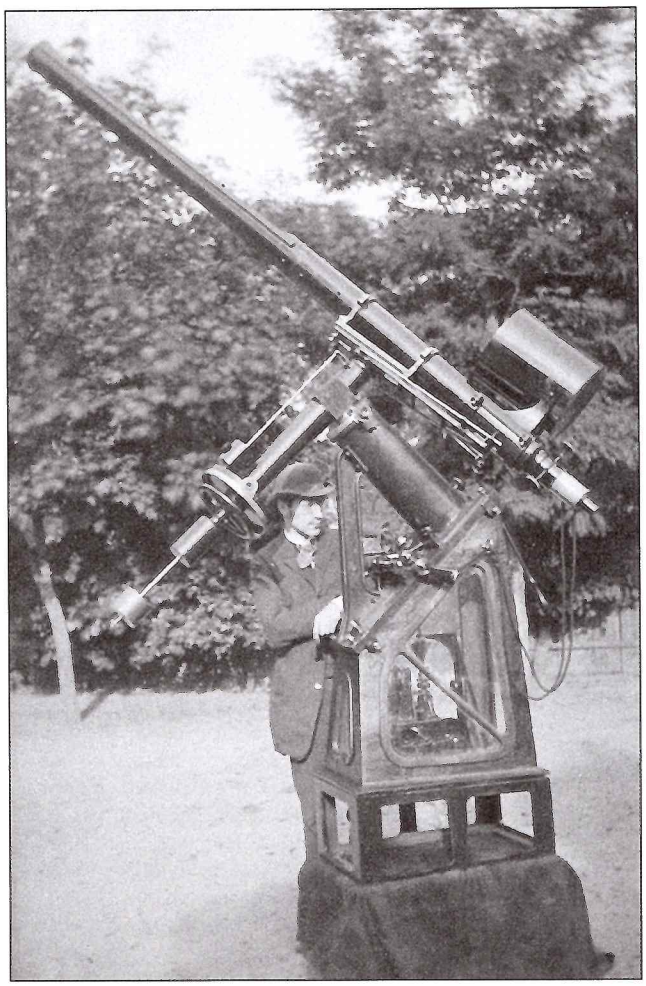
To, že biele svetlo prechádzajúce hranolom sa rozkladá na farebné spektrum, spozoroval už Newton. Na začiatku 19. storočia objavil Fraunhofer v spektre Slnka tmavé čiary, ktoré neskôr nazvali jeho menom. O spektrách nebeských telies sa získalo čím ďalej, tým viac napozorovaného materiálu. Dynamický rozvoj fyziky v 19. storočí si naliehavo vyžadoval nájsť vzťah medzi vyžiareným svetlom a fyzikálnymi veličinami vyžarujúceho telesa.

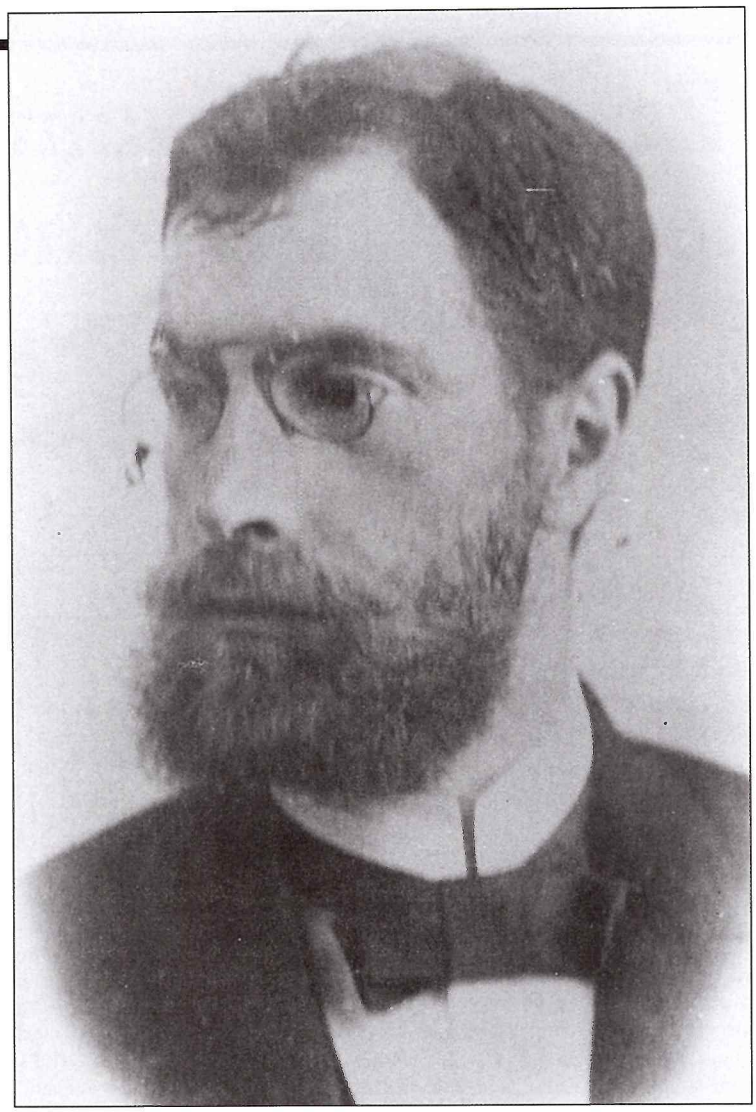
Vo vzťahu medzi vyžiareným svetlom a vyžarujúcim telesom bol prelomový rok 1859. Gustáv Kirchhoff a Robert Bunsen na univerzite v Heidelbergu objavili, že pomocou čiarových spektier plynov sa dá jednoznačne určiť ich zloženie.

Tento objav osvetlil aj to, že existuje bezprostredný vzťah medzi čiarami pozorovanými v spektre a chemickým zložením vyžarujúceho plynu. Ak ohrievali samotný plyn, spektrum pozostávalo z charakteristických emisných čiar. Ak plyn postavili do cesty vyžarujúcemu pevnému telesu s rovnako vyžarujúcim spektrom, získali na tých istých vlnových dĺžkach tmavé čiary. Pretože sa zo spektra dá odvodiť chemické zloženie vyžarujúceho zdroja, bolo samozrejmé, že to platí aj pre nebeské telesá.

Kirchhoff pomocou tohto objavu úspešne vysvetlil tmavé čiary v spektre Slnka, ktoré pripísal v prvom rade vodíku a héliu, ktoré sa tu nachádzajú.

Skoro súčasne, v súlade s týmto výsledkom, zverejnil svoj ďalší objav, podľa ktorého je na danej vlnovej dĺžke λ a teplote T, pomer telesami vyžarovanej energie $e(\lambda)$ a jeho absorpcie $a(\lambda)$ veličina stála a nezávislá od látky: $(e(\lambda)/a(\lambda) = B(\lambda)$. V prípade, že teleso pohltí všetko svetlo,





Merzov ďalekohľad s priemerome objektívu 16 cm (obr. vľavo). Radó Kövesligethy v Hurbanove v roku 1980 (vpravo).

ktoré naň dopadne, t. j. $a(\lambda) \equiv 1$, platí, že $e(\lambda) \equiv B(\lambda)$. Pretože teleso, ktoré absorbuje všetko svetlo, je absolútne čierne, vyžarovanie zodpovedajúceho spektra $B(\lambda)$ nazvali „vyžarovaním čierneho telesa". Konkrétny tvar $B(\lambda)$ Kirchhoff nevedel určiť.

Uvedené dva Kirchhoffove objavy znamenali prelom v tom smere, že sme dokázali nájsť vzťah medzi fyzikálnymi charakteristikami vyžarovaného svetla a jeho zdrojom. Nakoľko nebeské telesá informujú o sebe prostredníctvom elektromagnetického žiarenia, prostredníctvom spektrálnej analýzy sa otvorila cesta k štúdiu fyzikálnych podmienok, ktoré panujú na nebeských telesách. Zrodila sa astrofyzika.

Kövesligethy a astronomická spektroskopia

Hermann Vogel, riaditeľ astrofyzikálneho ústavu v Postupime, inšpirovaný objavmi Bunsena a Kirchhoffa uskutočnil v rokoch 1882 – 1907 rozsiahly výskum spektier hviezd. Vypracoval klasifikačný systém, na základe ktorého ich pomocou niekoľkých hlavných spektrálnych charakteristík dokázal zadeliť do tried. V roku 1875 začal s medzinárodnou kampaňou na spektrálny výskum hviezd severnej hviezdnej pologule jasnejších ako $6{,}5^m$. Konkoly sa rozhodol, že v roku 1883 ukončenú Vogelovu zónu pozorovania od 0° – 20° doplní pozorovaním spektier hviezd v zóne od -15° do 0°. Prevažná väčšina prác sa ušla práve Kövesligethymu. Dokončený spektrálny katalóg obsahoval 2022 hviezd a vďaka vynikajúcej pozorovateľskej technike sa namiesto hviezd $6{,}5^m$ podarilo zachytiť hviezdy do $7{,}5^m$. Pozorovania sa uskutočnili pomocou Merzovho ďalekohľadu s priemerom objektívu 16 cm a Zöllnerovho okulárového spektroskopu, ktorý bol vyrobený v dielni hurbanovskej hvezdárne.

Radó Kövesligethy svoje stredoškolské štúdiá absolvoval na Kráľovskom katolíckom gymnáziu v Bratislave. Svoj záujem o astronómiu prejavil už ako študent. V roku 1881 sa zapísal na univerzitu vo Viedni, kde študoval u Josefa Stefana experimentálnu fyziku, u Theodora Oppolzera klasickú astronómiu a u Edmunda Weissa v univerzitnej hvezdárni astrofyziku. V tomto vynikajúcom prostredí sa Kövesligethyho teoretické vedomosti neustále rozširovali. Nakoľko svoje prázdniny trávil väčšinou vo hvezdárni v Hurbanove, mal možnosť svoje teoretické vedomosti spojiť s praktickými pozorovaniami, ktoré sa v Konkolyho hvezdárni vykonávali na vysokej úrovni. Prvú prácu o teoretických spektroskopických výsledkoch *Matematická spektrálna analýza ako základ astrofyziky* napísal Kövesligethy ešte ako študent tretieho ročníka v roku 1883. Jeho prácu zverejnil Mikuláš Konkoly Thege, ktorý bol čestným členom akadémie. V roku 1883 strávil niekoľko mesiacov na univerzitnej hvezdárni vo Viedni aj Hermann Vogel, riaditeľ univerzitnej hvezdárne v Postupime, od ktorého sa Kövesligethy v oblasti praktickej spektroskopie mnohému naučil. Pred Vogelovým pozvaním do Postupimu však uprednostnil prácu vo hvezdárni v Hurbanove. Viacerí v tom čase ľutovali, že neprijal Vogelovo pozvanie. Vogel bol prvotriedny astronóm pozorovateľ, ale pri spolupráci s ním by sa asi nedostal k hlbšiemu teoretickému bádaniu.

Kövesligethyho spektrálna rovnica

Kövesligethy získal doktorát na viedenskej univerzite prácou *Prinzipien einer theoretischen Astrophysik auf Grund mathematischer Spektralanalyse*. Vedúci jeho diplomovej práce Theodor Oppolzer ju hodnotil veľmi vysoko. Žiaľ, tento rukopis sa dodnes nenašiel. Vo svojom životopise z roku 1899 píše o nej toto: *„Oppolzer, nie práve najoduševnenejší priateľ astrofyziky, na základe tejto práce povzbudzoval autora, aby ostal v tomto odbore a svoje matematické a fyzikálne vedomosti uplatnil najmä v tejto oblasti. Samota v Hurbanove, v ktorej som žil štyri roky, bola vynikajúcou školou."*

V roku 1860 Kirchhoff predpovedal žiarenie čierneho telesa, ale jeho konkrétnu podobu sa mu nepodarilo odvodiť. Na vysvetlenie spojitého spektra telies vytvoril Kövesligethy v roku 1885 teóriu, ktorú predniesol v akadémii Mikuláš Konkoly Thege a zverejnil ju v 12. sérii 11. čísla *Rozpravy z oblasti matematických vied*

(Értekezések a mathematikai tudományok köréből).

V úvode píše autor o cieli svojej práci nasledovné: *Vyžarujúce telesá (žiariče), pri výskume prostredníctvom spektrálnej analýzy pôsobia na naše zmysly len éterickým kmitaním, ktoré je vyvolané hmotným pohybom. Podľa mojich najnovších zistení stav hmoty určuje práve pohyb jej najmenších častí, z čoho jasne vyplýva, že charakteristiky označujúce tento stav možno vyjadriť v kmitaní, ktoré vyvoláva samotná hmota. Ak teraz pridáme k mechanickej teórii tepla teóriu, ktorá skúma stav hmoty vyjadrený teplotou, tlakom a objemom, nemožno si nevšimnúť vzájomnú súvislosť medzi týmito dvomi teóriami. Musíme dôjsť k presvedčeniu, že teória tepla je základ, na ktorom možno postaviť teóriu spektrálnej analýzy. Súčasne z toho vyplýva, že oblasti týchto teórií prakticky vzájomne zapadajú len vtedy, ak sme schopní pomocou spektrálnej analýzy určiť variability stavu hmoty.*

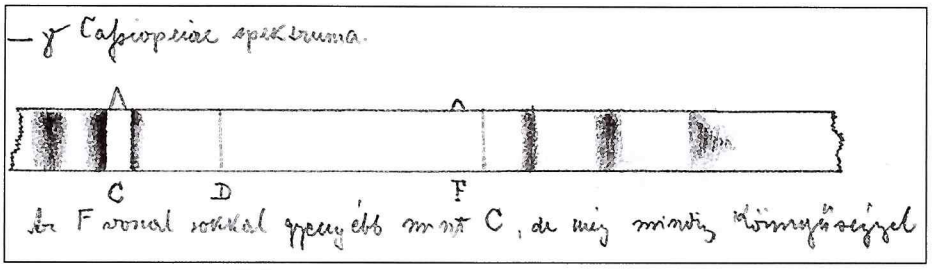
Každé kmitanie (chvenie) je určené tromi úplne nezávislými premennými, z čoho zreteľne plynie, že opísaná úloha je totožná s vyhľadaním závislosti, na jednej strane medzi teplom, tlakom a objemom a na druhej strane medzi trvaním a rovinou kmitania. Štúdium spojitého spektra, ktoré som si vytýčil za cieľ, ako z opísaného postupu vyplynie, vedie len k poznatkom o teple.

Jediným predpokladom, ktorý si stanovíme, bude, že telesá sa skladajú z jednotlivých čiastočiek, medzi ktorými vypĺňa priestor éter a ako pri plynoch, tak aj vo všeobecnosti pri každom telese je teplota spojená prirodzenou silou čiastočiek.

V súlade s uvedenou citáciou, k odvodeniu spektrálnej rovnice závislosti medzi intenzitou svetla vyžarovanej telesami a vlnovou dĺžkou, pripojil Kövesligethy ďalšie, v tom čase na úrovni fyziky úplne rukolapné predpoklady:

- *hmota vyžarujúceho telesa (žiarič) sa skladá zo vzájomne pôsobiacich čiastočiek;*
- *vzájomné pôsobenie je závislé od vzdialenosti čiastočiek;*
- *priestor žiarenia predstavuje éter;*
- *éter sa takisto skladá zo vzájomne pôsobiacich čiastočiek;*
- *svetlo je ďalším šírením kmitania čiastočiek éteru;*
- *medzi éterom a vyžarujúcou hmotou existuje ekviparticita, t.j. energia kmitania jednej čiastočky je v oboch komponentoch rovnaká.*

Kövesligethy predpokladal, že čiastočky vyžarované telesom rovnomerne vypĺňajú priestor, t. j., že ich priemerná vzdialenosť je rovnaká. V stave rovnováhy je výsledná sila, ktorá na ne pôsobí, nulová. V prípade, že v tomto pokojnom stave rovnováhy pohneme niektorou čiastočkou, na ňu pôsobiaca sila už nebude nulová, ale v prípade malej výchylky bude rovná sile, ktorá sa snaží čiastočku dostať na pôvodné miesto. Nakoľko to platí pre všetky čiastočky vyžarujúceho telesa, dá sa odvodiť závislosť medzi hodnotou amplitúdy a vlnovej dĺžky kmitania, alebo v dôsledku vzájomného pôsobenia medzi kmitaním a éterom aj závislosť medzi intenzitou vyžiareného svetla a vlnovou dĺžkou. Postupne týmto spôsobom odvodil Kövesligethy svoju spektrálnu rovnicu (tlačou bola sprístupnená v roku 1886 už v spomenutom vydaní akadémie):

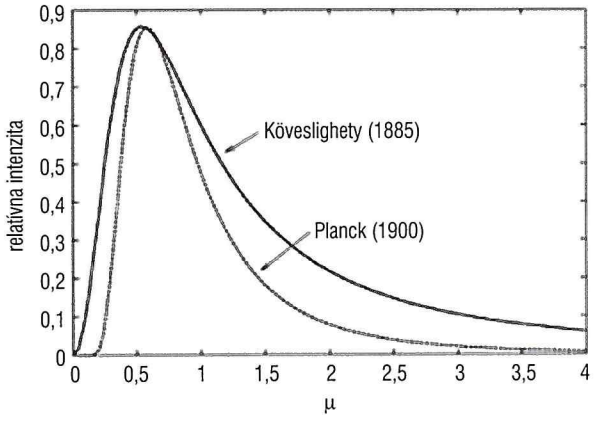


Obr. 3. **Kövesligethyho kresba spektra γ Cassiopeiae.**

$$L(\lambda)=\frac{4}{\pi}\Lambda\mu\frac{\lambda^2}{(\lambda^2+\mu^2)^2}$$

Vo vzorci je L(λ) spektrálna intenzita žiarenia pri vlnovej dĺžke λ a Λ je intenzita kontinua. μ je konštanta, ktorú možno určiť z priemernej vzdialenosti medzi čiastočkami, alebo z ich vzájomného pôsobenia. Označuje tú vlnovú dĺžku, pri ktorej je intenzita žiarenia maximálna. Už v tom čase bolo o pevných telesách známe, že nezávisle od druhu hmoty vyžarujú pri určitej teplote rovnaké množstvo energie. V roku 1847 to bol tzv. Draperov zákon. Na jeho základe Kövesligethy predpokladal, že v rovnici opisujúcej spojité spektrum telies je konštanta μ závislá len na teplote. V citovanom pojednaní autor zdôrazňuje, že jeho spektrálna rovnica je 25 rokov neúspešne hľadaný zákon žiarenia, ktorý predpovedal v roku 1860 Kichhoff.

V dejinách vedy sa prijíma ako samozrejmosť, že odvodiť rovnicu žiarenia čierneho telesa pomocou kvantovej hypotézy sa podarilo až Maxovi Planckovi v roku 1900. Pred ním sa o to neúspešne pokúšali Wien, respektíve skoro súčasne s Planckom Rayleigh a Jeans. Wienovo riešenie v prípade λ = ∞ predpovedalo nekonečne veľkú intenzitu, kým Rayleighovo a Jeansonovo udávalo ten istý výsledok v prípade ak λ = 0. Kövesligethy teda predstihol Plancka o 15 rokov. Svoje výsledky publikoval v roku 1890 v knihe, vydanej v nemeckom jazyku v Halle. Planckove a Kövesligethyho rovnice žiarenia, sledujúc ich matematickú formu, sa nepodobajú. Tomu sa nemožno ani čudovať, pretože v oboch prípadoch sú ich východiskové predpoklady celkom rozdielne. Avšak, keď ich porovnáme na grafe, sú prekvapivo podobné.



Porovnanie Kövesligethyho a Planckovej spektrálnej rovnice. Obe rovnice sú v matematickej forme odlišné, ich tvar je však predsa prekvapujúco podobný.

Teplota nebeských telies a Wienov zákon posunu

Kövesligethy vo svojej spektrálnej rovnici označuje veličinou μ – vlnovú dĺžku, pri ktorej je intenzita spektra maximálna, a závisí od priemernej vzdialenosti medzi čiastočkami žiariaceho telesa. V prípade, ak žiarič stlačíme, zvýši sa jeho teplota, zmení sa priemerná vzdialenosť medzi čiastočkami, a tým aj hodnota veličiny μ. Konkrétnym vyjadrením účinku vzájomného pôsobenia čiastočiek možno odvodiť vzťah medzi veličinou μ a teplotou. Kövesligethy predpokladal, že vzájomné pôsobenie čiastočiek je nepriamo úmerné n-tej mocnine ich vzdialenosti. Pri uvedených predpokladoch sa postupne dopracoval k vzťahu medzi vlnovou dĺžkou μ, kde je spektrálna intenzita maximálna a teplotou žiariaceho telesa Θ (vo vzorci index 0 označuje parametre počiatočného stavu):

$$\frac{\mu}{\mu_0}=\left(\frac{\Theta_0}{\Theta}\right)^{\frac{n+1}{2(n-1)}}$$

Vo vzorci treba stanoviť ešte hodnotu n. Kövesligethy priradil hodnote vzájomného pôsobenia čiastočiek veličinu n = 3. Ak zapíšeme túto hodnotu do uvedeného vzorca, dostaneme Wienov posunovací zákon už v roku 1885, teda o 8 rokov skôr, než ho v roku 1893 objavil Wien.

Zaujímavou vlastnosťou Kövesligethyho spektrálnej rovnice je, že ak máme dve vlnové dĺžky λ', λ" s rovnakou intenzitou žiarenia, t. j. L(λ') = L(λ"), v tom prípade súčin λ' λ" = μ^2, kde μ je vlnová dĺžka, ktorá prináleží maximálnej intenzite pri určitej teplote žiariaceho telesa. V prípade kvapalnej platiny μ^2 = 2,341, Slnka μ^2 = 0,314. Nakoľko teplota tavenia je 2045 K, teplota povrchu Slnka podľa zákona posunu je 5584 K, čo je v dobrej zhode aj so súčasnými hodnotami.

Rovnica spektrálnej teórie s dvomi parametrami

Kövesligethy svoju spektrálnu rovnicu hodlal v prvom rade použiť na vypracovanie všeobecnej teórie, pomocou ktorej by sa dal zo spektra vyžarovaného svetla pozorovaných hviezd vyvodiť záver o ich fyzikálnom stave. V roku 1898 zverejnil v Prírodovednom bulletine č. 16 vedeckú rozpravu o rovnici s dvomi parametrami. V úvode svojej rozpravy píše o jej cieli toto: *„Astronóm*

považuje oblohu za systém hmotných bodov, jednoducho – Newtonov systém, ktorého stav je všeobecne určený počiatočnými podmienkami a vzájomne pôsobiacimi silami. Avšak aj na oblohe máme do činenia s fyzikálnymi telesami, ktoré nám pri analýze spektra umožnia získať informáciu o svojej teplote. V každom prípade možno bez ťažkostí akceptovať, že teória tepla je povolaná zaujať v astrofyzike to miesto, ktoré astronómii už od dávnej minulosti patrilo princípom mechaniky.

Vo svetelnom lúči, ktorý dorazí na našu Zem, možno nájsť nielen informáciu o polohe nebeského telesa, ale pomocou zákonov vyžarovania môžeme poznať aj jeho fyzikálne vlastnosti, hlavne teplotu.

Táto myšlienka ma usmerňovala aj pred rokmi, keď som sa snažil o analytické vyjadrenie intenzity žiarenia, v závislosti od vlnovej dĺžky a teploty, od ktorej závisia tieto dva parametre. Tieto dva parametre, alebo spektrum, alebo prvky spektra možno určiť jednoduchými pozorovateľskými prostriedkami a priamo či nepriamo aj tie premenné, ktoré sa dosadia do rovníc tepelnej teórie."

V Kövesligethyho spektrálnej rovnici je spektrálna intenzita závislá od dvoch parametrov, od Λ a μ. Ako už bolo uvedené, vlnovú dĺžku – parameter μ, ktorá prislúcha maximálnej intenzite spektra, možno dať bezprostredne do súvisu s teplotou vyžarujúceho telesa, ale tlak a hustota sú naďalej neznáme. Tieto určil pomocou prvej a druhej vety termodynamickej, a tak zistil závislosť medzi dvomi parametrami spektra a entropiou telesa, ktoré vyžaruje. V prípade ideálnych plynov, konkrétny tvar tejto závislosti možno jednoducho zapísať.

Spektrálna rovnica s dvomi parametrami teda prispela k vyriešeniu základného problému astrofyziky, t. j. z pozorovaného spektra odvodiť termodynamické parametre skúmaného telesa. Význam týchto výsledkov zhrnul autor takto: *„Z týchto výsledkov bol určený základ teoretickej astrofyziky a doterajšie bádania v oblasti nebeských telies v plynnom stave, ktoré vykonali Zöllner, Betti a osobitne Ritter sa dajú kvantitatívne porovnať a môžu sa stať základom pre ďalšie dôležité štúdie. Úplne odhliadnuc od práve objaveného tvaru rovnice, podobne ako citované štúdie aj moje doterajšie skúsenosti ukázali, že hoci astrofyzikálne výpočty nebudú jednoduché, tak ako nie sú jednoduché postupy klasickej astronómie, ukážu nám cestu k štúdiu vnútorných vlastností nebeských telies, aj keď postupy budeme musieť v budúcnosti určite modifikovať.*

Spektrum nebeských telies

Radó Kövesligethy svoju rozpravu o spektre nebeských telies zverejnil v nasledujúcom roku 1899. Pokúsil sa v nej odhaliť vzťah medzi vyžiareným spektrom a vnútornou stavbou vyžarujúceho telesa. Usiloval sa preskúmať cestu svetelného lúča od jeho zrodu vo vnútri hviezdy, až kým sa nedostane k pozorovateľovi. Samozrejme, súčasnú transportnú teóriu žiarenia ešte nepoznal, ale jeho myšlienkový sled obstojí aj dnes.

Potom sa pokúsil určiť stavovú rovnicu hmoty, z ktorej sa skladajú hviezdy. Vo svojom zvolenom základnom modeli predpokladal, že hviezdy nerotujú a hmota v nich je rozložená so sférickou symetriou. Zaviedol pojem izentropický stav, čo znamená, že energia, ktorá prináleží na jednu čiastočku nie je závislá od jej polohy. Pri predpokladanom izentropickom stave odvodil rovnicu, ktorá vyjadrovala priebeh hustoty, tlaku a teploty hmoty vo vnútri hviezdy. V prípade ideálneho plynu, pre závislosť teploty vo vnútri hviezdy od miesta odvodil parciálnu diferenciálnu rovnicu, ktorá je dnes známa ako Lane – Emdenova rovnica. Detailne skúmal riešenia tejto rovnice, ktoré, až na niektoré špeciálne prípady, nemajú analytické riešenie.

Po vyriešení sa vrátil ku konkrétnemu tvaru vyžiareného spektra a určil počet parametrov, ktoré sú potrebné na jeho charakteristiku. Zistil, že v prípade plynových gúľ s konštantnou hustotou sú to tri parametre a pre nebeské teleso s hustotou, ktorá sa s hĺbkou zväčšuje, je to sedem parametrov. Význam tohto zistenia spočíva v tom, že netreba podrobne určovať detaily spektra, ale stačí „vybrať vzorky" iba na troch maximálne siedmich vlnových dĺžkach a z týchto údajov možno určiť všetky ďalšie astrofyzikálne dôležité parametre.

Epilóg

Kövesligethyho rozprava o spektrách nebeských telies je jednou z posledných jeho prác o teoretickej spektroskopii. Začiatok 20. storočia priniesol aj zásadný prelom v jeho vedeckej činnosti. Svoje obrovské teoretické fyzikálne a matematické vedomosti preorientoval na novú problematiku, výskum otázok súvisiacich so seizmológiou. Pustošivé zemetrasenie v roku 1908 v Messine ním tak otriaslo, že sa rozhodol vypracovať teóriu predpovedí podobných katastrof. To sa mu, žiaľ, nepodarilo, problém nie je doteraz vyriešený. Jeho kontakt s astrofyzikou však pretrval prostredníctvom jej popularizácie a vysokoškolského vzdelávania až do jeho smrti v roku 1934.

Astrofyzika aj v 20. storočí pokračovala vo svojom búrlivom rozvoji. V stopách Radó Kövesligethyho však už nik nepokračoval. Jeho teoretické výsledky sa rýchlo rozplynuli v zabudnutí. Na pevnom základe zrodenej kvantovej mechaniky sa postavila moderná teória atmosféry hviezd a ich spektier. Podľa Endre Zsoldosa, astrofyzika Konkolyho observatória MAV v Budapešti, existuje viacero dokumentov, ktoré dokazujú, že viacerí nemeckí fyzici, súčasníci Kövesligethyho, poznali jeho spektrálnu rovnicu a pochopili jej význam. Len čo sa v Halle v roku 1890 objavila jeho kniha o teoretickej spektroskopii, Hermann Ebert napísal o nej skoro celostranovú recenziu v časopise *Beiblätter zu Annalen der Physik und Chemie*. Friedrich Paschen, profesor na Technickej vysokej škole v Hannoveri, ktorého menom pomenovali jednu sériu v spektre vodíka, zverejnil v roku 1895 článok o povrchu Slnka a jeho teplote. Na určenie teploty skúmal spojité spektrá viacerých materiálov a zistil, že medzi vlnovou dĺžkou, ktorá prináleží maximálnej intenzite a teplotou je nepriama úmernosť, ktorú Kövesligethy aj teoreticky predpovedal. Zaujímavé je, že Wienovo meno nikde nespomína.

Najväčším prekvapením pre mňa bol však článok, ktorý zverejnil Otto Lummer v roku 1900. Píše v ňom, že posunovací zákon pomenovaný podľa Wiena, a aj jemu pripisovaný, objavil už pred rokmi Kövesligethy. Toto tvrdenie podčiarkuje aj v jednej zo svojej kníh o fotometrii, ktorú vydal v roku 1918. Otto Lummer bol Wienov bezprostredný spolupracovník, tak že sa zdá nepravdepodobné, že Wien, ktorý získal v roku 1911 Nobelovu cenu, o výsledkoch Kövesligethyho nič nevedel. Zaujímavá je otázka, či Planck o tom vedel. Na túto otázku, žiaľ, neviem odpovedať. Môžeme sa pohrať s myšlienkou: *„čo by bolo, keby...*", ale to už na faktoch nič nezmení. Takto je faktom, že kvantovú teóriu objavil Planck, pričom vplyv Wiena a Kövesligethyho nemožno jednoznačne preukázať. Nedá sa však vylúčiť, že v hlbinách knižníc sú ukryté také dokumenty, ktoré tento vplyv predsa len potvrdia. Hans Kangro, nemecký autor v úvode knihy o Planckovom zákone v roku 1970, medzi priekopníkmi tohto zákona menuje aj Radó Kövesligethyho.

Literatúra:

Kirchhoff, G., 1860: *Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht*, Annalen der Physik und Chemie (Folge 2) 109, 275-301.

Kirchhoff, G.; Bunsen, R., 1860: *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen*, Annalen der Physik und Chemie (Folge 2) 110, 161-189.

Kövesligethy R., 1886: *A folytonos spektrumok elmélete*, Értekezések a mathematikai tudományok köréből 12, No. 11.

Kövesligethy, R. von, 1890: *Grundzüge einer theoretischen Spectralanalyse*, Halle.

Kövesligethy R., 1898: *A spektrumanalysis két paraméteregyenlete*, Mathematikai és Természettudományi Értesítő 16, 437-488.

Kövesligethy R., 1899: *Az égi testek spektruma*, Mathematikai és Természettudományi Értesítő 17, 112-156.

Lummer, O. 1900: *Le rayonnement des corps noirs*, Congres International de Physique de 1900, Paris, 41-99.

Lummer, O. 1918: *Grundlagen Ziele und Grenzen der Leuchttechnik* (Auge und Lichterzeugung), München und Berlin, 1918.

Paschen, F., 1895: *On the Existence of Law in the Spectra of Solid Bodies and on a New Determination of the Temperature of the Sun*, Astrophysical Journal 2, 202-211.

Wien, W. 1893: *Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie*, Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1893, 55-62.

Skrátené podľa Balázs Lajos:
***A kvantumelmélet Ógyallán született?*,**
Természet világa, Természettudományi közlöny, 139. évf. 6. sz. június 2008.

Preložil Ladislav Druga

ASTROBIOLÓGIA na prahu novej éry?

Astrobiológovia hľadajú zatiaľ život na iných telesách podľa jediného kritéria: „Musí tam byť voda v tekutom skupenstve, a teda aj zdroj energie, ktorý ju nad bodom mrazu dlhodobo udržuje." V poslednom čase sa vedci zaoberajú aj myšlienkou, či neexistuje aj iné médium vhodné na vznik a vývoj života. To by počet telies s vhodnými podmienkami na život podstatne rozšírilo.

Stovky planetológov a astrobiológov hľadajú život mimo Zeme. V budúcich rokoch sa zamerajú najmä na Mars. Pripravujú sa však misie, ktoré podrobnejšie, z obežnej dráhy aj na povrchu, preskúmajú Jupiterov mesiac Európu a Saturnov mesiac Enceladus. Na oboch mesiacoch odhalili prístroje pod hrubou, popukanou ľadovou kôrou vrstvu vody: globálne oceány? No a napokon Titan: najväčší Saturnov mesiac so svojimi metánovými jazerami a planinami.

Objav života mimo Zeme by bol istotne najväčším objavom modernej vedy. Ibaže metódy, ktoré doteraz vedci používajú, sa zdajú byť príliš jednostranné. Desaťčlenný tím, ktorý zostavil biológ a oceánograf John Baross z University of Washington v Seattle, uverejnil významnú správu o metodike hľadania mimozemského života. Materiál s názvom *Limity organického života v planetárnych systémoch* opisuje doterajšie stratégie a navrhuje pre budúcnosť podstatné zmeny.

Kľúčovou kapitolou správy je úvaha o možných formách života, aké na Zemi nepoznáme. Na prahu novej etapy vedeckej kozmonautiky je dôležité navrhnúť a vyvinúť nové prístroje, schopné objaviť aj organizmy, ktoré fungujú na inej báze ako pozemské. Doterajšia stratégia definovala „život" podľa našich kritérií. Prístroje hľadali znaky podobných biologických štruktúr a procesov.

Mokrý svet

Už 32 rokov uplynulo od misie sond Viking, ktoré prehŕňali a skúmali marťanskú pôdu na severných planinách s cieľom nájsť nejaké stopy po živote. Po tejto misii sa priame hľadanie života prerušilo. Až po roku 1990 sa na scéne objavila nová generácia sond, orbiterov i landerov, určených najmä pre Mars. Ich cieľ: potvrdiť prítomnosť vody a na lokality, kde kedysi na mokrom Marse mohol život vzniknúť a vyvíjať sa, vyslať pohyblivé roboty.

Stratégia vychádzala z predstavy o vode ako o základnej podmienke existencie života na Zemi. Biológovia zatiaľ nenašli ani najjednoduchší organizmus, ktorý by sa bez vody zaobišiel. Pozemské organizmy dokážu metabolizovať iba chemické prvky, ktoré sa vo vode rozpúšťajú. Na Zemi platí: bez vody niet života. Preto sa na Marse hľadali a hľadajú predovšetkým „mokré terče". Presnejšie oblasti, ktoré boli v minulosti zaplavené vodou a lokality, ktoré sú alebo by mohli byť za istých podmienok mokré aj dnes.

V decembri 2006 uverejnila NASA snímku zo sondy Mars Surveyor. Na snímke sme videli výrazné žľaby na stenách bezmenného krátera v pohorí Centauri Montes, ktoré pripomínali žľaby na Zemi, vytvorené stekajúcou vodou. Už predtým rozlíšili vedci na stenách niektorých kráterov a kaňonov rozvetvené žľaby. Vo väčšine prípadov sa žľaby vytvorili na rovnakej úrovni, nad vrstvou, ktorá bola pre erozívne médium (vodu?) nepriepustná, takže umožňovala vznik vyvieračiek. Vo všetkých prípadoch sa žľaby smerom k úpätiu zužovali (na rozdiel od Zeme), čo zodpovedá podmienkam na Marse, kde sa voda pod nízkym tlakom a pri teplote hlboko pod bodom mrazu veľmi rýchle vyparí a zamŕza. Michael Malin z Malin Space Science Systems (San Diego, Kalifornia) v prípade žľabov z Centauri Montes zistil, že ide o nové útvary, ktoré vznikli po roku 1999. Na starších snímkach rovnakého krátera vyvieračky ani žľaby pod nimi nenašli.

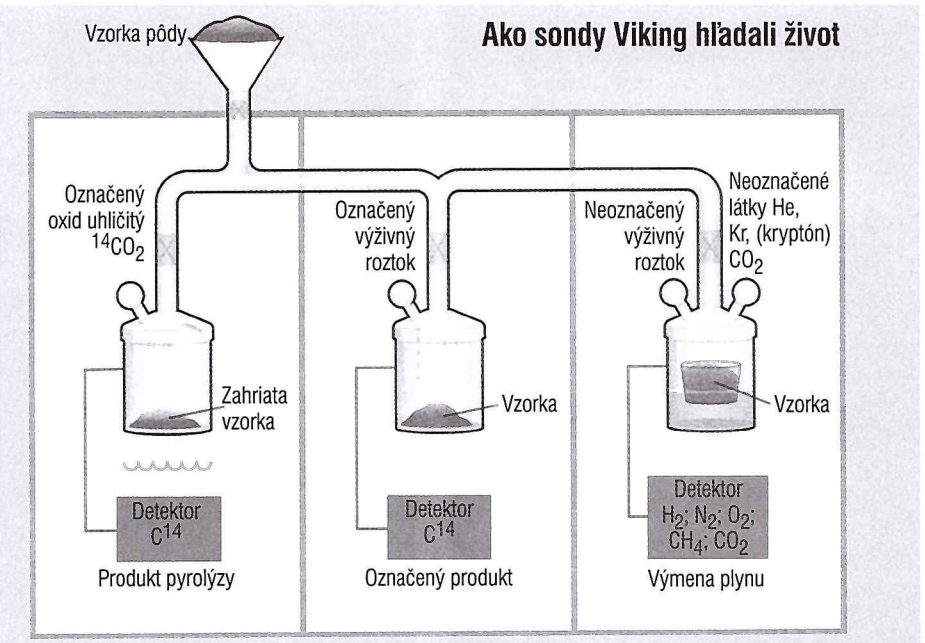
To bola senzácia. John Pelletier z Arizonskej univerzity analyzoval snímky z rovnakej oblasti, ktoré získala sonda Mars Reconaissance Orbiter (MRO). Kamera s vysokým rozlíšením na palube MRO dokáže exponovať stereofotografie vytipovaného miesta z rozličných uhlov. Údaje z tejto kamery, spracované počítačmi, umožňujú vyhotovenie podrobných topografických máp povrchu. Pelletierov tím skombinoval tieto mapy s počítačovými modelmi a dospel k presvedčeniu, že žľaby vybrúsili lavíny suchého materiálu po piesčitom svahu. Nemohli však vylúčiť ani to, že ide o lavíny tekutého bahna, ktoré obsahuje 50 až 60 % vody.

Iné rozpúšťadlá

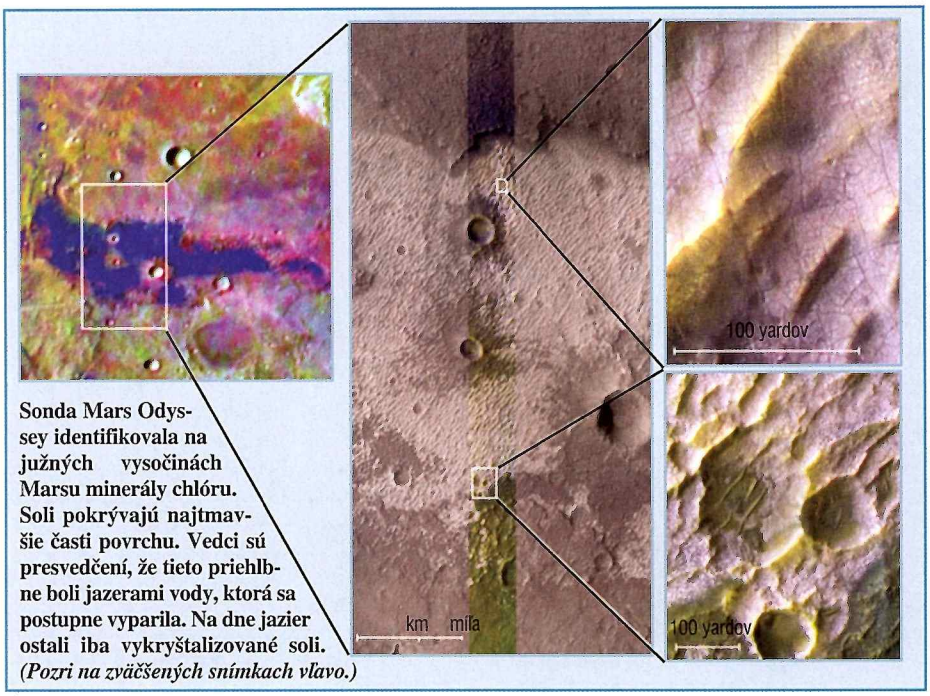
Dnes už vieme, že na Marse bolo kedysi vody dosť. Podľa najsmelších odhadov bolo na nepomerne menšom Marse viac vody ako dnes v pozemských oceánoch. V posledných rokoch sa po podrobnej analýze „najvlhkejších lokalít" vyberajú najvhodnejšie terče na pristátie novej generácie sond. Podľa predpokladu, že práve tam sa môžu nájsť prinajhoršom fosílie pradávnych organizmov, ktoré fungovali vďaka chemickým reakciám, prebiehajúcim vo vode.

Podľa teórie však biochemické reakcie môžu prebiehať nielen vo vode, ale aj v iných rozpúšťadlách: v tekutom amoniaku i v metáne na Titane. Vedci si vedia predstaviť dokonca extrémnejšie bioprostredia, hoci na Neptúnovom mesiaci Triton alebo superchladných zmesiach vodíka a hélia, ktoré sa v gigantických množstvách vyskytujú na obrích planétach.

Barossov tím kvôli preskúmaniu alternatívnych rozpúšťadiel odporúča vyslanie sondy na Titan, kde sonda Cassini už zmapovala väčšinu metánových jazier a prístroje analyzovali vlastnosti najrozličnejších uhľovodíkových štruktúr v sadzi, ktorá tvorí súčasť atmosféry ponurého mesiaca. Iným rozpúšťadlom by mohol byť podľa biochemikov formamid, chemikália, ktorá sa v priemysle využíva na rozpúšťanie takých látok, ktoré sú vo vode nerozpustné.



Sondy Viking 1 a 2 uskutočnili v roku 1976 na Marse tri experimenty. Každý test skúmal vzorky marťanskej pôdy v kontrolovaných podmienkach. Pyrolytický test *(vľavo)* detegoval v marťanskej atmosfére stopy rádioaktívneho uhlíka 14 (C^{14}), ktorý sa viaže na molekuly produkované živými organizmami. Pokus *(v strede)* označil podiel vody a živín spojených s C^{14} v každej vzorke meraním narastajúcej rádioaktivity po tom, ako organizmy skonzumujú živiny a vyprodukujú plyn. Pokus s výmenou plynu *(vpravo)* monitoruje, ako sa koncentrácia plynov mení, keď sa do vzoriek pridá voda, obohatená istým množstvom C^{14}.



Sonda Mars Odyssey identifikovala na južných vysočinách Marsu minerály chlóru. Soli pokrývajú najtmavšie časti povrchu. Vedci sú presvedčení, že tieto priehlbne boli jazerami vody, ktorá sa postupne vyparila. Na dne jazier ostali iba vykryštalizované soli. ***(Pozri na zväčšených snímkach vlavo.)***

Najbizarnejším z celej škály rozpúšťadiel, ktoré astrobiológovia vyselektovali, je kyselina soľná (HCl). Táto kyselina zmiešaná s vodou môže živé organizmy poleptať (spomeňme si na žieravé pľuvance najrozličnejších votrelcov zo sci-fi). Bez vody má však iba minimálne korozívne vlastnosti, takže by mohla byť bázou, v ktorej vznikajú život podporujúce biochemikálie.

Aj mimozemšťania sa vyvinuli na báze uhlíka?

Molekuly s obsahom uhlíka sú na Zemi základnou surovinou na vznik organických molekúl. Presnejšie pozemský život funguje na báze CHON (uhlík, vodík, kyslík, dusík). Organická chémia, tento kozmos reakcií, ktoré podporujú život, skúma komplexné molekuly, vytvorené kombináciami týchto štyroch prvkov. Dôležitú úlohu v organických reakciách zohrávajú aj fosfor a síra. Cukor obsahuje sacharózu. Uhľovodík, ktorého molekuly sa skladajú z 12 atómov uhlíka, 22 atómov vody a 11 atómov kyslíka. Vzorec: $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Aj glukóza je formou cukru. Telo ju využíva ako zdroj energie. Molekula glukózy sa skladá zo 6 atómov uhlíka, 12 atómov vody a 6 atómov kyslíka: $C_6H_{12}O_6$. Naše telá metabolizujú z potravín glukózu, dopravia ju do krvi, odkiaľ ju tankujú jednotlivé molekuly.

Na Zemi sa molekuly s obsahom uhlíka vyskytujú všade. Preto sa vedci, ktorí plánujú hľadanie života na iných telesách, nazdávali, že aj mimozemský život sa vyvíja na báze uhlíka. V oblakoch medzihviezdnej hmoty detegovali rádioteleskopy nielen známe komplexné molekuly uhlíka, ktoré poznáme, ale aj také, ktoré na Zemi nepoznáme.

Aj chondrity, uhlíkaté meteority, sú zložené z najrozličnejších molekúl na báze uhlíka. Našli sa v nich dokonca aminokyseliny, bez ktorých si nevieme predstaviť tvorbu proteínov.

Doteraz sme však nikde mimo Zeme neobjavili komplexné molekuly, bez ktorých si biochemické reakcie na Zemi nevieme predstaviť. Napríklad chlorofyl, zelený pigment v rastlinách, ktorý mení slnečné svetlo a vodu na uhľovodíky a plyn CO_2. Najrozšírenejšou formou chlorofilu je $C_{55}H_{72}O_3N_4Mg$. Ako vidíme, molekula obsahuje všetky základné prvky CHON a horčík.

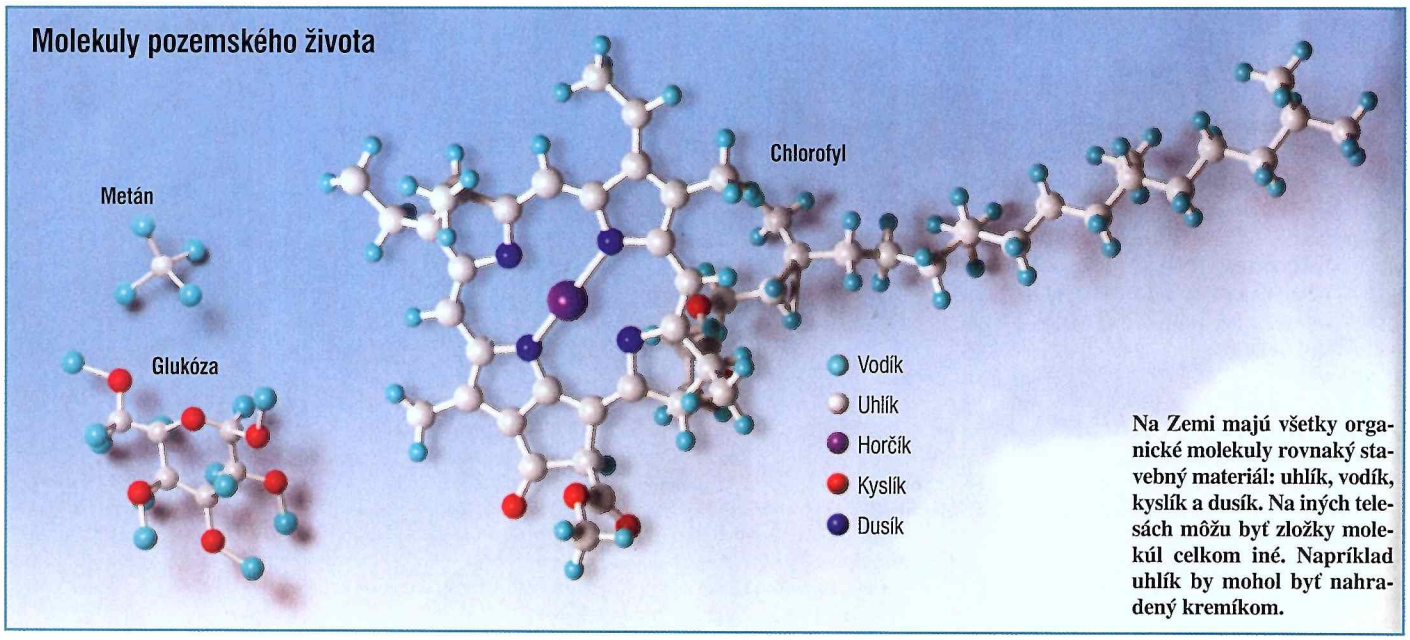
Aký prvok, ak nie uhlík?

Existujú okrem uhlíka, ktorého molekuly sa optimálne viažu do komplexnejších štruktúr, aj iné „nosné prvky", vhodné skelety na vytváranie organických molekúl? Nie je to vylúčené. Preto by dizajnéri misií mali podľa Barossovho tímu tento fakt zohľadniť.

Atóm kremíka má potenciál na vytváranie bioštruktúr v špeciálnych, „nepriaznivých" podmienkach. Molekuly na báze uhlíka, ako vieme, nefungujú, ak teplota vystúpi nad 54 °C? *(A čo horúce pramene nad 100 °C, v ktorých objavili termofilné baktérie?)* Na druhej strane biochemické reakcie vyhasínajú, ak teplota klesne pod hodnotu 123 K, pretože v takých nízkych teplotách nemajú dosť energie na vytváranie chemických väzieb. Také teploty sú vo vonkajšej Slnečnej sústave bežné. Na Titane síce organické molekuly existujú, ale život na báze uhlíka je v tamojších podmienkach prakticky vylúčený.

Kremík by ako základný prvok obstál aj v podmienkach nízkych teplôt. Jeho atómy vytvárajú väzby aj v kozmickom chlade. Spájajú sa do reťazcov, ktoré majú až 30 atómov. Kremík sa môže viazať s kyslíkom a vytvárať reaktívne látky, z ktorých môžu zreťaziť veľké molekuly. Podaktorí astrobiológovia sa nazdávajú, že život by sa mohol vyvinúť vo vrstvách hliny s obsahom kyslíka a kremíka. Takáto substancia by bola živým minerálom.

Organický chemik Steve Benner, člen Ba-



Na Zemi majú všetky organické molekuly rovnaký stavebný materiál: uhlík, vodík, kyslík a dusík. Na iných telesách môžu byť zložky molekúl celkom iné. Napríklad uhlík by mohol byť nahradený kremíkom.

rossovho tímu, však upozorňuje, že exotická biochémia je zatiaľ v plienkach. Vedci už preskúmali veľa chemických reakcií, ktoré môžu vytvoriť bázu pre metabolizmus na iných svetoch. V laboratóriách. Či môžu aktívne fungovať „v praxi", zatiaľ nevedno. Niektorí vedci sa prikláňajú k názoru, že chemické prvky sa spontánne organizujú do usporiadaných štruktúr, z ktorých sa zákonite vyvinie život. V laboratóriu však premenu neživej hmoty na živú zatiaľ neuskutočnili. Pritom chemické reakcie, ktoré teoreticky fungujú, nemusia prebiehať na Tritone či na Titane.

Rozličné DNA

Univerzálnym aspektom života na Zemi je darwinovská evolúcia. To, čo Darwin nazýva prirodzeným výberom, závisí od programu života na báze DNA. Zreťazené, do dvojšpirály usporiadané molekuly DNA, tvoria štyri základne nukleotidy na báze fosforu.

DNA uchováva informácie, napríklad o tom, ako vytvárať proteíny, ktoré tvoria naše telá. Prirodzené genetické variácie, počas ktorých sa môže genetický program zmeniť, pozmeňujú tvary a funkcie organizmu. Niektoré inovácie fungujú po korekcii lepšie, iné horšie.

Zmeny môžu zvyšovať prispôsobivosť: dovoľujú organizmom lepšie využívať prostredie a prosperovať. Prispôsobivé organizmy sú odolnejšie a ich vlastnosti sa prenášajú do ďalších generácií. A naopak, neprispôsobivé vymierajú.

Darwinova evolúcia vysvetľuje neuveriteľnú rôznorodosť života, vzťahy medzi najrozličnejšími organizmami a čímkoľvek, čo je súčasťou prírody. Na exoplanétach však darwinovská evolúcia môže mať alternatívne formy.

Napríklad tamojšie organizmy môžu mať DNA so šiestimi, nie so štyrmi bázami. Nemusí mať formu dvojitej špirály. Alternatívne genetické systémy môžu mať najrozličnejšie podoby. Bannerovej skupine sa alternatívne bázy už podarilo syntetizovať.

Na Zemi sa všetky proteíny tvoria z 20 navzájom sa odlišujúcich molekúl – z aminokyselín. Formujú sa do reťazcov, z ktorých sa vyvíjajú komplexnejšie tvary. Banner vypočítal, že chemické zákony pripúšťajú najviac 256 aminokyselín. Preto Barossova správa navrhuje, aby budúce misie vybavili na detekciu nečakaných a exotických nukleových kyselín a molekúl podobných DNA.

Išlo by to aj bez Darwina?

Ani na Zemi sa nevyvíjajú všetky organizmy iba podľa Darwinovej evolúcie. Platí to najmä pre mikrobiálny život. Napríklad plazmidy sú okrúhle balíčky genetického materiálu v baktériách, ktoré existujú nezávisle od DNA. Baktérie ich využívajú na **horizontálny genetický prenos**, proces, ktorý je alternatívou prirodzeného výberu pod taktovkou DNA.

Kolónia baktérií na dne jazera Vanda v Antarktíde. Riasam sa dobre darí aj vo veľmi chladnej vode, kde jej minimum živín.

Kresba povrchu Titanu.

Napríklad, ak sa baktéria stane odolnou voči antibiotiku, môže svoju odolnosť preniesť pomocou plazmidov na inú baktériu. Tieto „skákajúce gény" sú jednou z príčin, prečo sa počet batérií rezistentných voči liekom tak rýchle zvyšuje.

Bannerovci upozorňujú na to, že pri hľadaní života na iných telesách by sme nemali testovať iba to, či je organizmus prísne podľa Darwina, adaptovaný na svoje prostredie. Carol Clelandová presvedčila astrobiológov, že Darwinova evolúcia je síce príznačná pre všetky známe formy života na Zemi, ale nemôže byť súčasťou definície všetkých foriem života. O tom, ako život hľadať, ani nehovoriac. Nemôžeme totiž vylúčiť, že mikroorganizmy si vyvinuli aj iné mechanizmy evolúcie.

Život na Zemi je dielom Darwinovej evolúcie. Dôkazy sú viac ako presvedčivé. Ale na Marse, či na Tritóne? Tamojšie organizmy si možno vyvinuli na podnety z prostredia iné odpovede. Môžu sa rozdeliť na identické kópie, nadobudnúc vlastnosti originálnej bunky bez zmien, ktoré generujú génové molekuly.

Hra života

Clelandová upozorňuje na nutnosť vytvoriť „teóriu života". To si však vyžaduje objav mimozemských organizmov, aby sme ich mohli porovnať s pozemskými. Tak by sme aj na Zemi mohli objaviť život, ktorý sa nespráva podľa konvenčných pravidiel: napríklad organizmy, ktoré sa vyvinuli inakšie, ale masovo sa nepresadili. Mali by sme ich hľadať v okolí oceánskych sopúchov, alebo v hlbokom podzemí. Iba vtedy, ak preštudujeme a pochopíme inakší život, pochopíme hlbšie aj náš život. A život vôbec ako kozmický fenomén.

Clelandova to prirovnala k Newtonovej všeobecnej teórii gravitácie. Nie iba pád jablka zo stromu, ale zovšeobecnenie priebehu rozličných, na prvý pohľad nesúvisiacich javov a udalostí (kamene, rútiace sa zo svahu, dráha delostreleckého náboja, atď.) priviedla geniálneho Isaaca na myšlienku, že všetky tieto procesy riadi ten istý zákon.

Clelandová verí, že vznikne čosi ako **Princípy života** *(kniha, ktorá by bola obdobou Newtonovej slávnej publikácie Philosphiae Naturalis Principia Mathematica).* Bioteória, ktorá na základe spoločného princípu dokáže predpovedať, aký druh života sa v daných podmienkach môže vyvíjať. To by nám umožnilo programovať sondy na hľadanie života aj bez posádky biochemikov. Teda oveľa lacnejšie.

Nasledujúci krok

Prieskum Marsu podľa „vodnej doktríny" je v plnom prúde. Pripravujú sa viaceré misie NASA i ESA. Mars Science Laboratory, ExoMars a ďalšie, až po prvý návratný modul, ktorý dopraví niekoľko kilogramov marťanskej pôdy na Zem.

O tom, kam sa poletí, rozhodujú vedci. Barossova správa mnohých astrobiológov vykoľajila, ale aj inšpirovala. Misiu na Titan vyvíjajú aj s pomocou jeho tímu. Prístroje sa zamerajú aj na prieskum nezvyklých štruktúr a útvarov, vrstiev, či nápadných koncentrácií chemických prvkov, ktoré by mohli byť produktom biologickej aktivity.

Najnovšími terčmi sa stanú oblasti, kde sa výraznejšie ako inde prejaví viac nezvyklých faktorov: teplota, svetlo, výskyt chemikálií. Tak je to aj na Zemi. Podmorské sopúchy vytvárajú teplejšie oázy a obohacujú ich sírou a inými prvkami. A práve okolo nich sme našli organizmy, ktoré sa síce zaobídu bez svetla, ale naplno využívajú teplo a hojnosť na iných lokalitách zriedkavých prvkov. Clelandová: „Hľadanie života, podobného ako na Zemi, ostane v centre nášho záujmu. Zároveň však musíme byť schopní objavovať aj alternatívne formy života."

Astronomy, júl 2008

Rekordné vzplanutie žiarenia gama

Napriek tomu, že fotóny tohto vzplanutia žiarenia gama prekonali od zdroja k Zemi takmer polovicu priemeru súčasného vesmíru, pozemský pozorovateľ ho mohol zazrieť aj voľným okom. GRB 080319B sa čo do jasnosti stal rekordným zdrojom žiarenia gama. Vedci sa zhodli na tom, že mimoriadnu intenzitu spôsobil fakt, že jeden z polárnych výtryskov zdroja mieril priamo na nás.

Vzplanutia žiarenia gama sú najjasnejšími explóziami vo vesmíre. Väčšinu z nich generujú hviezdy, ktorým sa minie zásoba paliva. Hviezda odvrhne obálku a skolabuje. Vytvorí sa čierna diera alebo neutrónová hviezda. Z oboch pólov superhustého objektu šíria sa takmer rýchlosťou svetla do priestoru výtrysky plynu. Prúd plynov naráža na pomalšie sa rozpínajúcu obálku, ktorej sa hviezda počas kolapsu zbavila. Hmota v obálke sa nárazom zohreje a generuje jasný dosvit, pozorovateľný na rozličných vlnových dĺžkach.

Výtrysk z GRB 080319B zachytený na Zemi obsahuje ultrarýchly komponent (o niečo užší ako priemer Mesiaca). Tento úzky kužeľ je stredom oveľa širšieho výtrysku, ktorého energia je podstatne nižšia. Tento kužeľ má 20-násobne väčšiu šírku. (Skoro každé vzplanutie gama má aj úzky výtrysk, ale ten dokážu astronómovia zaznamenať iba vtedy, keď mieri priamo na Zem. To sa stane raz za desaťročie.)

Vzplanutie gama GRB 080319B detegoval satelit Swift zo súhvezdia Pastiera. Vzápätí sa na zdroj zameral celý rad veľkých pozemských ďalekohľadov. Ďalekohľad VLB/ESO ako prvý odhadol vzdialenosť zdroja: 7,5 miliardy svetelných rokov. Záblesk vo viditeľnom svetle zachytili viaceré širokouhlé kamery na ďalekohľadoch po všetkých kontinentoch a neustále ho sledovali. Takmer sto astronómov analyzovalo údaje o rekordnom vzplanutí a jeho dosvite celé mesiace na všetkých vlnových dĺžkach.

Výsledná štúdia, uverejnená v časopise Nature, je cenným prínosom k pochopeniu záverečného štádia vývoja hviezd. **Nature**

Vzplanutie žiarenia gama v zdroji GRB 080319B s dvomi výtryskami na optickej snímke ďalekohľadu Very Large Array/ESO z konca augusta 2008.

Mária Hajduková s Annou Antalovou v období svojich astronomických začiatkov na Skalnatom Plese.

Jubileum Márii Hajdukovej

Mária Hajduková, rodená Kozmová, narodila sa 5. januára 1934 v Prešove. Na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave študovala obor všeobecná fyzika/astronómia. Po absolvovaní štúdia v roku 1958 celých 50 rokov prednášala astronómiu na tom istom pracovisku. (Prírodovedeckú fakultu UK, kam nastúpila po promócii, po odčlenení premenovali v roku 1980 na Matematicko-fyzikálnu fakultu a v roku 2000 na Fakultu matematiky, fyziky a informatiky UK.) Vedeckú hodnosť kandidáta fyzikálno-matematických vied získala v roku 1971 na SAV v Bratislave, kde obhájila prácu *Viacfarebná fotometria meteorov*. Titul RNDr. jej udelili na Matematicko-fyzikálnej fakulte Karlovej univerzity v Prahe. Vedecko-pedagogickú hodnosť docentky získala v roku 1981 na základe habilitačnej práce *Rýchlosť a žiarenie meteorov*.

Na pracovisku vykonávala funkcie podpredsedníčky Spoločnej odborovej komisie doktorandského štúdia v odbore astrofyzika, členky Spoločnej odborovej komisie v odbore astronómia, členky komisie pre štátne záverečné skúšky, dlhoročnej predsedníčky redakčnej rady časopisu *Acta Astronomica et Geophysica Universitatis Comenianae* a členky redakčného kruhu populárno-vedeckého časopisu *Kozmos*.

Mária Hajduková publikovala 70 pôvodných vedeckých prác z oblasti výskumu medziplanetárnej hmoty. Boli to najmä práce zamerané na fyziku meteorov, stavby a štruktúry meteorických rojov a vzájomných súvislostí jednotlivých zložiek medziplanetárnej hmoty. Je spoluautorkou *Encyklopédie astronómie* a *Terminologického slovníka z astronómie*. Preložila viaceré knihy z nemčiny a ruštiny (Ginzburg V. L.: *Astrofyzika*; Pereľ, J. G.: *Vývoj predstáv o vesmíre*, Müller, B.: *Základy astronómie*.) V spolupráci so SAV sa zúčastňovala na riešení viacerých medzinárodných projektov. Spolu so zahraničnými kolegami je spoluautorkou niekoľkých publikácií. Po roku 1990 bola zodpovednou riešiteľkou piatich grantových projektov VEGA v spolupráci so zahraničnými pracoviskami v Taliansku a na Ukrajine. Doc. RNDr. Mária Hajduková, CSc., je jednou zo zakladajúcich členov Slovenskej astronomickej spoločnosti pri SAV a členkou Medzinárodnej astronomickej únie (IAU) a jej komisie pre meteory.

Medzinárodná komisia IAU pomenovala po nej planétku č. 9822 – *Hajduková*.

Ačkoliv v té době svítila galaxie AGN slabě opticky i rentgenově, bylo záření gama intenzívní a stálé v čase. Další objev téhož týmu následoval v lednu 2005, kdy v oboru energií >120 keV sledovali blazar **1218+30** (Com; z = 0,18), který je v tomto pásmu rovněž neproměnný. Třetím úlovkem skupiny se stal AGN **Mrk 180,** jenž opticky vzplanul v březnu 2006 a v téže době aparatura MAGIC zaznamenala záření gama v pásmu >200 GeV na úrovní 11% signálu z Krabí mlhoviny. Podobný objev ohlásili rovněž F. Aharonian aj., kteří pomocí aparatury HESS dostali silný stálý signál záření gama s energií >200 GeV pro vzdálený (z > 0,25) blazar **PG 1553+113.** Titíž autoři také objevili stálé energetické záření gama u blazaru **H 2356-309** (Scl; z = 0,165), které vysvětlují synchrotronovým Comptonovým zářením zdroje.

V květnu 2005 se podařilo E. Pianovi aj. zachytit díky družici INTEGRAL začátek výbuchu blazaru **3C 454.3** v pásmu 3 – 200 keV a souběžně s tím sledovali výbuch i v ostatních oborech elektromagnetického spektra včetně optického a milimetrového. Podle M. Villaty aj. šlo o vůbec *největší optický výbuch blazaru,* když v maximu dosáhl jasnosti R = 12, což odpovídá rekordní bolometrické absolutní hvězdné velikosti –31,4 mag (10^{45} W!).

Y. Uchiyama aj. sledovali prototyp kvasarů **3C-273** (Vir; z = 0,16) pomocí SST ve středním infračerveném pásmu a vyvrátili tak možnost, že by toto záření bylo důsledkem synchrotronové emise. To ovšem znamená, že *protony jsou v tomto kvasaru urychlovány na energie minimálně 10 PeV a velmi pravděpodobně až 1 EeV,* což je klíčové pro identifikaci možných zdrojů extrémně energetického kosmického záření, které pravděpodobně nevzniká v pozůstatcích supernov, ale ve zdrojích s ještě exotičtějšími mechanismy urychlování jako je právě okolí černých veleděr v kvasarech. K obdobnému závěru nezávisle dospěl také C. Dermer, jenž dává relativistické urychlování protonů do souvislosti s extrémně energetickým (řádově TeV) zářením gama nedávno zjištěným u blazarů, o nichž soudíme, že jde o kvasary, jejíž relativistické výtrysky míří přímo k Zemi.

J. Wu aj. monitorovali změny jasnosti blazaru **OJ 287** (Cnc; z = 1,3) během prvního pololetí 2005 a ukázali, že se na světelné křivce projevuje 40d periodicita, podobně jako tomu bylo při předešlé aktivitě blazaru v r. 1994. Archivní snímky objektu od počátku XX. stol. poukazují jednoznačně na přítomnost dvou složek blazaru, tj. dvou černých veleděr, které kolem sebe obíhají po značně výstředné dráze v periodě řádu 10 roků. V době průchodu periastrem pak spolu interagují plynné obaly a výtrysky z obou veleděr. Skutečně také M. Valtonen aj. pozorovali v listopadu 2005 největší optický výbuch OJ 287 za posledních 20 let, který ovšem přišel o rok dříve, než se čekalo podle očekávané oběžné periody 9 let. Uspíšená aktivita blazaru zřejmě souvisí se změnou dráhových parametrů binární černé veledíry.

W. Zheng aj. zjistili, že v okolí nejvzdálenějšího známého rádiového kvasaru **SDSS J0836+0054** (Hya; z = 5,8) se nachází velké množství silně zčervenalých galaxií. Z toho usoudili, že zde pozorujeme vznik mimořádně hmotné hvězdné soustavy, a že rádiově hlučné kvasary leží na vláknech skryté látky *(angl. dark matter)* vesmíru. S. Levshakov aj. odvodili z pozorování přesných poloh párů spektrálních čar Fe II mimořádně jasného kvasaru **HE 0515-4414** (Pic; z = 1,15) horní mez pro případnou časovou změnu konstanty jemné struktury α v relativní míře $(-0{,}07 \pm 0{,}8).10^{-6}$ za posledních 7,5 mld. roků.

J. Wang aj. vyšli z všeobecně přijímaného názoru, že zdrojem záření kvasarů je **akrece plynu a prachu** na černou veledíru v jejich nitru. Podle přehlídky SDSS odtud vychází vysoká zářivá účinnost tohoto procesu až 35% pro kvasary se z 0,4 – 2,1. Odtud vyplývá, že *černé veledíry získávají významnou část své hmoty právě díky této nekončící akreci* a dále, že *černé veledíry rotují velmi rychle,* blízko horní kritické meze pro rotací černé veledíry dané hmotnosti.

6.7. Částicová astrofyzika

V posledním desetiletí nabývá na zralosti nový obor na pomezí částicové fyziky a astronomie, který se anglicky nazývá *Astroparticle Physics* **(částicová astrofyzika)** a do něhož spadají jak výzkumy energetického (>100 GeV) záření gama, tak také studium energetického kosmického záření, kosmických neutrin, gravitačních vln, skryté látky a skryté energie. Příslušné přístroje se často pronikavě liší od klasických dalekohledů, radioteleskopů a aparatur na umělých družicích Země a zahrnují mj. rozměrné pozemní a podzemní či podvodní detektory včetně obřích urychlovačů částic jako je Tevatron nebo LHC.

Podle E. Rollindeho aj. sehrálo energetické kosmické záření vysílané hmotnými hvězdami populace III významnou úlohu při vzniku **izotopu ^{6}Li** ve velmi raném vesmíru při z 11 (400 mil. let po velkém třesku). K. Nakamura aj. totiž upozornili, že nejstarších objektech Galaxie je ^{6}Li i ^{9}Be zastoupeno velmi silně, za což nejspíš mohou výbuchy nejstarších supernov.

Pro výzkum vysoce energetického kosmického záření začíná hrát ústřední úlohu již téměř dokončená mezinárodní **observatoř Pierra Augera** (PAO) v argentinské pampě jednak pro dosud největší rozlohu 3 tis. km^2, na níž je rozmístěno v šestiúhelníkové mříži o straně 1,5 km celkem 1,6 tis. pozemních detektorů. Předností PAO je totiž kromě rekordní sběrné plochy také první hybridní detekce spršek sekundárního kosmického záření jak pozemními detektory tak současně obřími světelnými komorami, které zaznamenávají fluorescenční záření spršek v troposféře.

Proto se začínají objevovat teoretické spekulace, co všechno by mohla tato observatoř postupně zjistit. Za potenciální zdroje extrémně energetického kosmického záření (energie >1 EeV) se považují zvláště **blazary**, což jsou kvasary, jejichž výtrysk směřuje k pozorovateli, ale k důkazu zatím chybí dostatečně velká statistika úkazů – přiměřené rozsáhlý pozorovací materiál bude k dispozici až někdy po r. 2010. Je však možné, že se observatoři PAO podaří najít i příznaky existence pověstných **černých miniděr**, jež se vypařují krátce po svém vzniku díky Hawkingovu záření. Na další možnost upozornili B. Chrenov a V. Stulov, když poukázali na výskyt drobných (mikrogramových) rychlých **zrnek meziplanetárního prachu**, které fluorescenčně září při průletu zemskou rychlostí počáteční rychlostí 30 km/s. Dalším zdrojem fluorescenčního záření v atmosféře mohou být též **subrelativistické nanočástice** o hmotnostech řádu 0,1 ng, jejichž záblesky by mohly trvat celou milisekundu. Není také vyloučeno, že by PAO mohla zaznamenat šikmo skloněné atmosférické spršky vyvolané průletem energetických (1 EeV) **kosmologických neutrin**, takže potenciál observatoře je větší, než se před její výstavbou dalo očekávat.

Jak uvádí J. White, neutrina jsou přitom opravdu všudypřítomná. *Lidským tělem prolétá každou sekundu bilión neutrin,* ale s ohledem na jejich nepatrný účinný průřez se v lidském těle za celý život zachytí nanejvýš 3 neutrina! V důmyslném experimentu s detekcí slunečních neutrin, který navrhl a řídil nositel Nobelovy ceny R. Davis v dole na zlato Homestake v Jižní Dakotě, se za 30 let provozu

podařilo zachytit 2 tis. elektronových neutrin. K tomu, aby se konkrétní kosmické neutrino podařilo najisto zachytit, by muselo proletět olověnou deskou tlustou 300 pc – jenže tolik olova v Galaxii není.

Je tedy s podivem, že existují úspěšné laboratorní **experimenty pro detekci neutrin**, vznikajících v obřích urychlovačích částic. Jak uvedla N. Nosengová, v letech 1999 – 2004 uskutečnili Japonci úspěšná měření neutrin v experimentu K2K. Zdrojem neutrin byl synchrotronový urychlovač protonů s energií 12 GeV KEK v Cukubě a detektorem známá podzemní observatoř Kamiokande, vzdálená „vzdušnou čarou" 250 km od zdroje neutrin. Tato měření potvrdila **oscilace mionových neutrin**, neboť místo očekávaných 151 neutrin jich v Kamiokande zachytili jen 108 neutrin. V r. 2006 potvrdil tyto výsledky na větším souboru mezinárodní kolektiv odborníků v experimentu MINOS, kde zdrojem mionových neutrin byl urychlovač protonů ve Fermilabu a vzdálený detektor se nacházel v podzemní laboratoři v Soudanu ve státě Minnesota ve vzdálenosti 725 km od zdroje. Kdyby mionová neutrina neoscilovala, měl detektor v Soudanu zachytit celkem 1065 neutrin, ale ve skutečnosti jich zaznamenal jen 848. *Četnost oscilací je nepřímo úměrná energii neutrin,* takže je nejvýraznější pro neutrina s energiemi pod 10 GeV. V témže roce započal i analogický experiment se zdrojem neutrin v laboratoři CERN ve Švýcarsku a obřím 1 800t detektorem OPERA pod pohořím Gran Sasso v Itálii, vzdáleným od zdroje 730 km. Současně se tam buduje ještě citlivější detektor ICARUS, jenž by mohl zaznamenat i **tauonová neutrina**, která vznikají při oscilacích mionových neutrin.

K. Abe aj. uveřejnili zprávu o sledování energetických (>1,6 GeV) mionů, která interagovala uvnitř nádoby detektoru Kamiokande v období od dubna 1996 do července 2001. Aby se tyto **miony**, vznikající při interakcích kosmických mionových neutrin s atomovými jádry uvnitř Země, dala odlišit od mionů z kosmického záření, byly zaznamenávány jen ty miony, které do nádoby přiletěly „zespodu", protože pro mateřská neutrina není celá zeměkoule žádnou překážkou, kdežto pro kosmické záření ano. V uvedeném období zaznamenali autoři celkem 1892 průletů mionů a 467 mionů v nádobě zaniklo. Jelikož mateřská neutrina letí přímočaře, lze odtud odvodit rozložení jejich zdrojů na jižní polokouli. Zatím se nenašel žádný diskrétní zdroj těchto neutrin, ani zvýšení toku neutrin v rovině Galaxie. Podobně M. Swanson aj. nenašli v témže pozorovacím materiálu žádné známky, že by vysoce energetická neutrina (>3 TeV) přicházela ze směrů od galaxií s aktivními jádry (AGN).

Jak uvedli T. Lasserre a P. Pajot, přímo v zemském plášti vzniká při každé kaskádě radioaktivního rozpadu ^{238}U na ^{206}Pb celkem 6 **antineutrin**, která by bylo možné v principu zaznamenat v podzemních detektorech a studovat tak strukturu zemského nitra, případně i objevovat hlubinná ložiska některých rud. B. Aharnmin aj. využili těžkovodního detektoru neutrin v Sudbury (SNO) k hledání **neutrinového pozadí ze supernov**. Za období od listopadu 1999 do května 2001 však nenašli ani jednou elektronové neutrino v pásmu energií 21 – 35 MeV, které by bylo možné tomuto pozadí přičíst.

Vyhlídky klasického nástroje částicové fyziky, tj. mocných urychlovačů částic, jímž dosud vévodí **Tevatron** v americkém Fermilabu, začínají být poněkud chmurné. Prvotřídní relativistický urychlovač těžkých iontů **RHIC** v americkém Brookhavenu ztratil po 7 letech úspěšného provozu finanční podporu a dožívá z 13milionového soukromého daru. Také Tevatron je na odpis, protože se plánuje jeho uzavření v r. 2010. Stavba evropského urychlovače **LHC**, jenž má dosáhnout o řád vyšších energií než Tevatron, se opožďuje jak z technických tak finančních důvodů přinejmenším o dva roky a plánovaný lineární urychlovač **ILC** pro srážky elektronů s pozitrony při energiích až 500 GeV začíná být v nedohlednu.

6.8. Relativistická astrofyzika

Vědeckou katastrofou skončil projekt ověřování efektů obecné teorie relativity pomocí kosmické sondy **Gravity Probe B**, která pracovala na oběžné dráze kolem Země od dubna 2004 do konce září 2005. Projekt měl dlouhou historii – poprvé se o vyslání družice, která by měla ověřit jemné efekty obecné teorie relativity (geodetickou precesi a strhávání inerciální soustavy zemskou rotací), začalo uvažovat již v r. 1964. Hlavním hybatelem projektu se stal americký fyzik F. Everitt ze Stanfordovy university, ale s ohledem na neustále rostoucí náklady unikl projekt v přípravné fázi několikrát svému zrušení za cenu opakovaných odložení startu. I když nakonec NASA uvolnila potřebných 700 mil. dolarů a po technické stránce družice na oběžné dráze ve výšce 650 km pracovala bezchybně, výsledky se nedostavily.

Během měření na oběžné dráze totiž došlo k sedmi velkým slunečním erupcím, které mj. způsobily ztrátu orientace družice vůči pointační hvězdě IM Peg, ale to zdaleka nebyl jediný problém. Při provozu družice se totiž objevily nepatrné rušivé efekty, jejichž rušivý vliv vědci podcenili, tj. cyklické kolébání družice vinou nedokonalostí použitých gyroskopů a zpomalování rychlosti jejich rotace jakož i výskyt slabých elektrických polí na palubě družice. Při požadované relativní přesnosti měření 10^{-12} to vedlo k problematickým výsledkům a ani velké úsilí tyto efekty dodatečně propočítat a odstranit nikam nevedlo.

Neúspěch může nepříznivě ovlivnit i další ještě nákladnější projekt **LISA**, o němž NASA ve spolupráci s ESA uvažuje. V projektu, který má prokázat existenci gravitačních vln, předpověděných obecnou teorií relativity, by měly být někdy po r. 2015 vypuštěny na sluneční oběžné dráhy tři družice, jež by zaujaly polohy ve vrcholech rovnostranného trojúhelníku o délce strany 5 mil. km (!) a jejichž vzájemné polohy by se měřily s přesností na 20 pikometrů (!!!).

Mezi očekávané zdroje gravitačních vln, které byl měla LISA při své extrémně vysoké citlivosti zaznamenat, patří především těsné dvojhvězdy s kompaktními složkami (bílí trpaslíci, neutronové hvězdy a hvězdné černé díry). J. Bakerovi aj. a J. Centrellové aj. se v r. 2006 podařilo na špičkových superpočítačích uskutečnit rozsáhlé výpočty průběhu **splynutí černých veleděr** (SMBH), kdy podle výpočtů vzniká v závěrečné fázi splývání velmi silný signál gravitačního záření. Koncem r. 2006 oznámil R. Adhikari, že pozemní aparatura na detekci gravitačních vln **LIGO** na dvou stanicích v USA již dosáhla počátkem toho roku plánované citlivosti a průběžně měří. V r. 2008 by se měla na základě zkušeností citlivost aparatury ještě významně zvýšit, ale žádný kosmický signál aparatura prozatím nezachytila.

C. Rodriguezová aj. vypočetla, že při srážce dvou SMBH dojde k záblesku o svítivosti 10^{23} L_O (!!), a že již při přiblížení dvou veleděr k sobě na vzdálenost pod 0,3 mpc soustava vyzařuje silné gravitační vlny, čímž se následné splynutí SMBH velmi urychlí. Jako příklad uvedli pozorování **radiogalaxie 4C+37.11** (Per; 0402+379; z = 0,06; vzdálenost 230 Mpc), která má ve svém centru pár SMBH o úhrnné hmotnosti 150 MM_O. Složky páru kolem sebe obíhají ve vzdálenosti 7 pc v oběžné periodě 150 tis. let. P. Berczik aj. ukázali, že při vzdálenosti složek páru SMBH 1 pc dojde k jejich splynutí za méně než 10 mld. let.

G. Fabbianová aj. se domnívají, že černé veledíry v jádrech galaxií získávají hmotu pádem **intermediálních černých děr** (IMBH) o hmotnostech řádu 1 kM_O do centra galaxií. Existenci IMBH poprvé odhalila družice Einstein v r. 1979 v galaxii M82 – projevují se totiž jako **ultrasvítivé rentgenové zdroje** (ULX) se zářivým výkonem až 10^{34} W. Své velmi vysoké svítivosti dosahují tím, že právě slapově porcují a následně po soustech pohlcují hvězdu uvnitř jádra mateřské kulové hvězdokupy, kde je pravděpodobnost požírání hvězd dostatečně vysoká. M. Gürkan aj. dále ukázali, že v hustých jádrech mladých hvězdokup mohou dokonce vznikat těsné dvojhvězdy, jejichž složky rychle vyrostou na pár IMBH. Současná velmi citlivá rentgenová kamera na družici Chandra objevila již na 200 zdrojů ULX.

Naproti tomu K. Vierdayanti aj. tvrdí na základě měření zdrojů ULX pomocí rentgenové družice Newton, že navzdory zářivému výkonu až 10^{34} W, který však u zmíněných zdrojů silně kolísá s časem, stačí k tomu hmotnosti zdrojů <60 M_O, takže o skutečné IMBH fakticky nejde. V této souvislosti nabývá na významu zajímavý postřeh J. Wilmse, že *všechny černé díry od těch hvězdných až po SMBH vykazují fyzikálně totožný mechanismus vyzařování* (pochopitelně jde o vyzařování z bezprostředního okolí černé díry). Specificky I. Hardy aj. ukázali, že rentgenové záření z okolí obřích černých veleděr v aktivních jádrech galaxií (AGN) vzniká v důsledku téhož akrečního procesu jako v případě SMBH v jádře naší Galaxie.

S. Fujimoto aj. propočítali díky moderním metodám numerické relativity dvojrozměrné osově souměrné řešení průběhu **gravitačního zhroucení rotující hvězdy** o hmotnosti 40 M_O. Zjistili, že v průběhu hroucení vznikají jak akreční disk v rovníkové rovině hroutící se hvězdy tak také polární výtrysky ve směru magnetického dipólu o indukci až 1 MT. Akrece hmoty na disk je proměnná a vpravdě mohutná, tj. více než 0,01 M_O za sekundu (!). Vnitřní část akrečního disku proto vysílá dokonce silný proud neutrin o zářivém výkonu až 8.10^{44} W, což je ale méně než při výbuchu supernovy. Jak ukázali J. Miller aj. při studiu **mikrokvasaru J1655-40** (Sco, vzdálenost 3,2 kpc), je *akrece z disku na hvězdnou černou díru ovládána magnetickou viskozitou uvnitř disku, kterou si lze představit jako magnetocentrifugální sílu.* Podle měření družice Chandra během rentgenového výbuchu zdroje na počátku dubna 2005 má černá díra hmotnost 7,0 M_O. Její viditelný průvodce – podobr sp. třídy F3 až F6 – dosahuje hmotnosti 2,3 M_O a obíhá kolem ní v periodě 2,6 d. Z okolí černé díry se vyzařuje výkon 10^{30} W.

S. Gezari aj. pozorovali rentgenové vzplanutí v normální eliptické galaxii se $z = 0{,}37$ (vzdálenost 1,2 Gpc) a jeho následky po dobu dvou let jednak družicí GALEX v dalekém (FUV) i blízkém UV oboru spektra, ale též v optickém pásmu. Světelné křivky ve všech oborech se výborně shodovaly s výpočtem pro **slapové roztrhání běžné hvězdy** v gravitačním poli SMBH o hmotnosti 20 MM_O. Z výpočtů dále vyplývá, že slapové trhání hvězd ustává při hmotnostech SMBH >110 MM_O, protože *pro tak velké SMBH jsou slapové síly vně Schwarzschildova poloměru paradoxně již příliš slabé.* Schwarzschildův poloměr je totiž přímo úměrný hmotnosti SMBH, kdežto slapové síly klesají se 3. mocninou vzdálenosti od SMBH.

R. Dunn aj. zkoumali rozložení **směrů rotačních os** černých veleděr v galaxiích, které patří do kupy galaxií v Perseu. S překvapením zjistili, že tyto úhly nejsou stejné vůči těžišti kupy a konkrétně pro známou **radiogalaxii NGC 1275** (3C 84) je rotační osa SMBH skloněna pod úhlem 120° k zornému paprsku a opisuje precesní kužel o vrcholovém úhlu 50° v periodě úctyhodných 33 mil. roků. Práce je kuriózní tím, že v seznamu literatury cituje renesančního umělce a vynálezce Leonarda da Vinciho, který v r. 1510 popsal trajektorie stoupajících vzduchových bublin v kapalině. Je to jedna z nejstarších citací v odborné astrofyzikální literatuře vůbec.

A. Šackij se zabýval otázkou, jak velký podíl na hmotě vesmíru by měly **prvotní černé díry**, které mohly vznikat v prvních okamžicích existence vesmíru. Ukázal, že do současnosti mohou přežívat prvotní černé díry s hmotnostmi v rozmezí 0,03 – 0,1 M_O a jejich souhrnná hmotnost uvnitř naší Galaxie by mohla být dokonce srovnatelná s odhadem podílu hmotnosti skryté látky v Galaxii. Hmotnost takto hmotných prvotních černých děr může v průběhu existence vesmíru dokonce růst při jejich průletu běžnými hvězdami, ale pravděpodobnost takového průletu je poměrně nízká.

Pozoruhodnou studii o vlastnostech **červích děr** uveřejnili N. Kardašev aj. Zjistili, že *pro vnějšího pozorovatele vypadá vstup do červí díry jako obří magnetický monopól,* který do sebe vtahuje běžnou látku a přinutí ji zhroutit se na černou díru. Hmotnosti červích děr se tak mohou pohybovat ve velmi širokých mezích od 2 kg do miliard M_O. V souvislosti s domněnkou o chaotické inflaci, která vyžaduje souběžnou existenci nekonečného množství vesmírů, se autoři domnívají, že prvotní červí díry se v těchto vesmírech zachovávají i po kosmologické inflaci a slouží tak v principu jako vstupy do **tunelů**, jež tyto vesmíry propojují.

6.9. Experimentální a teoretická fyzika

J. Berquist aj. experimentovali s osamělými atomy rtuti osvětlovanými ultrafialovým laserem a zjistili, že tak lze měřit kmitočty s přesností šestkrát vyšší než u současných cesiových hodin. **Rtuťové atomové hodiny** tak mohou dosáhnout chyby pouhé 1 sekundy za 400 mil. roků a to je předurčuje k přesnější definici trvání atomové sekundy. G. Gabrielse aj. zpřesnili pomocí měření magnetického momentu elektronu hodnotu **konstanty jemné struktury** $\alpha = 1/137{,}0359997$, což je zlepšení o celý řád proti dosavadním laboratorním měřením. N. Kanekar aj. zjišťovali, zda se s časem nemění hodnota α tím, že měřili vlnové délky čar hydroxylu a neutrálního vodíku v emisi a absorpci pro různě vzdálené astronomické zdroje. Určili tak relativní horní mez 7.10^{-6} pro případnou změnu α za posledních 6,5 mld. let. K ještě ostřejší horní mezi 5.10^{-7} za posledních 8 mld. roků dospěli H. Chand aj. na základě měření polohy čar Fe II ve spektru kvasaru HE 0515-44.

E. Reinhold aj. srovnali výsledky laboratorních měření **poměru hmotností protonu a elektronu** s přesnými měřeními vlnových délek pro molekulu vodíku spektrografem UVES VLT (ESO) ve vzdálených kvasarech QSO 0347-383 ($z = 3{,}0$) a 0405-443 ($z = 2{,}6$). Odtud odvodili, že tento poměr za posledních 11,5 mld. roků mohl klesnout o 0,002%, ale s ohledem na choulostivost takových měření se dá spíše konstatovat, že tento veledůležitý parametr v částicové fyzice se nijak nezměnil.

V r. 1977 navrhli R. Peccei a H. Quinnová existenci nové částice bez elektrického náboje, jež by obrazně řečeno měla bránit narušení parity (objevené u slabé jaderné interakce) v silných jaderných interakcích. Pro tuto částici navrhl F. Wilczek jméno **axion** (podle obchodního názvu pracího prášku, o němž reklama tvrdí, že dokáže vyčistit špinavé skvrny na prádle/teorii). Teorie praví, že axion by měl snadno vznikat ve vakuu a interagovat s elektromagnetickým polem, a že jeho hmotnost by se měla pohybovat v rozmezí od 1 $\mu eV/c^2$ do 10 meV/c^2. V r. 2006 uveřejnili E. Zavattini aj. výsledky laboratorních měření, při nichž vysílali fotony infračerveného laseru na vlnové délce 1,06 μm kolmo k magnetickému poli o indukci 5 T. Zjistili, že polarizační rovina laserového

svazku se v magnetickém poli stáčela a odtud odvodili hmotnost axionu 1 meV/c^2. Tato měření však kvůli choulostivosti experimentu nebyla vědeckou obcí přijata jako hmatatelný důkaz existence axionu, ačkoliv astrofyzikům by se taková částice báječně hodila pro vysvětlení podstaty skryté látky ve vesmíru...

V teoretické fyzice, týkající se kýžené **unitární teorie**, spolu v posledních desetiletích soupeří zejména dvě koncepce, a to strunová teorie a kvantová teorie gravitace. Koncem roku 2005 se začal prosazovat nový přístup, iniciovaný pracemi J. Erlicha aj. a L. Da Rolda a A. Pomarola. Tito autoři vycházejí ze zjištění, že navzdory velkém úsilí posledních třiceti let *nijak nepokročila kvantová chromodynamika (QCD)* při analytickém řešení, v němž by pole silné interakce s barevnými náboji bylo popisováno analogicky jako je tomu u elektromagnetické interakce a elektrických nábojů, takže každé řešení se muselo řešit numericky na rychlých superpočítačích. Nový model vychází ze strunové teorie a předpokládá, že oscilace podél strun určuje hmotnost a spin částic. Otevřené struny pak dokáží dobře popisovat vlastnosti fotonů a gluonů, zatímco uzavřené struny vypadají jako gravitony.

Kromě **lineárních strun**, jež lze popisovat v devíti prostorových rozměrech, existují pak ve vesmíru ještě **dvojrozměrné membrány** a **trojrozměrné brány**. V bránové teorii se uzavřené struny gravitonů pohybují ve zmíněném devítirozměrném prostoru. Energie bran vyvolává zakřivení prostoročasu. Barevný náboj gluonů závisí na energii vyměňované mezi dvěma kvarky tak, že *při velké energii je vazba mezi kvarky slabá, kdežto při malé energii je velmi silná* – tím lze vysvětlit známé uvěznění kvarků v hadronech. Fyzikální vakuum je pak vyplněno páry kvark-antikvark.

Nový přístup dává slibné naděje na **výpočet vlastností částic z prvních principů**. Jak uvádějí J. Erlich aj, podařilo se jim tak s přesností na 10% spočítat hmotnosti, poločasy rozpadu a vazebné energie nejlehčích mezonů (pionů). Také L. Da Rold a A. Pomarola obdrželi přibližný souhlas pro 8 koeficientů svého modelu s experimentem, byť s přesností pouhých 30%.

Y. Aoki aj. se zabývali otázkou, zda **fázový přechod** v rozpínajícím se velmi raném vesmíru předvídaný QCD, při němž se volné kvarky a gluony sloučí na hadrony, je náhlý (kvarky a gluony se „uvaří" na hadrony naráz), anebo plynulý. Jejich výpočty hovoří ve prospěch plynulého přechodu při teplotě vyšší než 10 TK.

V konkurenční kvantové teorii gravitace přišli s novým konceptem A. Ashtekar aj., když ukázali, že **smyčková teorie gravitace** (LQG) se hodí i pro popis velkého třesku jako kvantové události. K tomu rozvinuli koncept **kvantové kosmologie** (LQC) k popisu singularity velkého třesku jako kvantového mostu mezi dvěma klasickými vesmíry, z nichž jeden se smršťuje a druhý se rozpíná. Pak lze velký třesk popsat jako „velký odraz", v němž se smršťující vesmír začíná znovu rozpínat a z tohoto konceptu lze předpovědět jeho budoucí vlastnosti. *V takovém případě je vývoj vesmíru deterministický i v Planckově časové stupnici* a lze tak pochopit, jak se ve velkém třesku/odrazu „vynořil" čas.

7. Život ve vesmíru

R. Mclean aj. zkoumali kanystr s **mikroby**, který se nacházel na palubě raketoplánu Columbia kvůli zamýšlenému experimentu o chování mikrobů v beztížném stavu a dopadl neporušen na zem po tragické havárii v únoru 2003. Tři kmeny mikrobů, vložené do kanystru kvůli experimentu, nepřežily katastrofický návrat, ale přesto se autorům podařilo v kanystru objevit živé bakterie nového kmene Microbispora sp., které se do kanystru dostaly zřejmě před startem a všechno přežily, včetně teploty až 175°C při hypersonickém průletu (až 9 700 km/h) kanystru atmosférou. Podobně dopadli **nematodi** – mikroskopičtí červi, kteří cestovali na palubě Columbie v rámci jiného experimentu v šesti kanystrech, z nichž pět bylo po pádu na zem nalezeno a ve všech byli živí červi, jak zjistila autorka experimentu C. Conleyová. Odtud vyplývá, že pokud se v pozemských horninách, vyvržených do kosmu únikovou rychlostí, nacházejí mikroorganismy, mohou přežít cestu nehostinným meziplanetárním prostorem a dopadnout živé na Mars nebo na některé měsíce Jupiteru či Saturnu. Obdobně mohou cestu na Zemi přežít mikroorganismy vyvržené z těchto těles, pokud tam nějaké jsou. Zevrubné zkoumání meteoritů ovšem nic takového zatím neprokázalo.

M. Turnbullové aj. se zdařilo získat pomocí světelného 1,8m teleskopu VATT kvalitní **spektrum popelavého svitu Měsíce** v pásmu 0,7 – 2,4 μm, což je fakticky spektrum povrchu a atmosféry Země. Podle očekávání našli ve spektru silné pásy vody od mračen a ledových krystalků v cirech a dále pásy molekul kyslíku, oxidu uhličitého a metanu. Podobně uspěli S. Hamdani aj. u dalekohledu NTT ESO, kteří pracovali v pásmu 0,32 – 1,02 μm a našli tak navíc i pásy ozónu i závislost vzhledu spektra Země na okamžitém podílu odrazu slunečního světla od oceánů a pevnin. Zejména intenzita infračerveného „vegetačního" okraje spektra roste díky výskytu lesů na pevninách jako je Evropa a Afrika a klesá na třetinu, když je Země natočena ke Slunci oceánem. To dává jasný návod, co by se mělo hledat ve spektrech exoplanet, abychom jim pak věnovali pozornost jako potenciálně životodárným planetám; ovšem technické obtíže takových spektrálních měření jsou mimořádné. A. Buccino aj. uvádějí, že v okolí žhavých hvězd s velkým podílem ultrafialového záření v pásmu 200 – 300 nm je život vyloučen kvůli brzdění fotosyntézy a destrukci DNA, lipidů i bílkovin.

Život se sice dokáže přizpůsobovat změnám vnějších podmínek v dosti širokých mezích různých parametrů, ale na druhé straně reaguje na tyto změny buď rozvojem nebo vymíráním, jak ukázali J. van Dam aj. na **výskytu hlodavců** v centrálním Španělsku za posledních 24 mil. let. Proměřili totiž stáří 80 tis. zachovaných zoubků hlodavců a zjistili, že na rozvoj a zánik jejich populací mělo hlavní vliv dlouhodobé kolísání klimatu. K vymírání docházelo podle očekávání v době nástupu ledových dob v periodách, odpovídajících Milankovičovým cyklům 2,37 a 1,2 mil. let *(kombinace kolísání výstřednosti dráhy Země v periodách 100 a 400 tis. let, sklonu dráhy k ekliptice v periodě 41 tis. roků a precese v periodě 21 tis. let).* Typická astronomická perioda kolísání klimatu na Zemi pak činí 2,5 mil. roků a přesně tuto hodnotu v nástupu nových druhů hlodavců našli autoři studiem jejich zoubků.

Mezitím C. Scharf dospěl k názoru, že pro **rozvoj života** se mohou docela dobře hodit velké přirozené družice (měsíce) obřích exoplanet. Jsou-li totiž dost daleko od mateřské hvězdy, nejsou ohroženy jejím zářením nebo vrtochy a potřebné teplo mohou získat ze slapového působení obří exoplanety, jak to názorně vidíme pro družici Io u Jupiteru. Rozsah stabilních drah pro družice dosud objevených 74 exoplanet, vzdálených minimálně 0,6 AU od mateřské hvězdy, není sice velký, protože dosahuje nanejvýš 3 mil. km od příslušné exoplanety. Přesto se zdá, že až čtvrtina takto vzdálených exoplanet může mít měsíce o hmotnosti až 10% hmotnosti Země v obydlitelné (sublimační) teplotní zóně (170 – 273 K). Ostatně i na Zemi existují oblasti, kde je vliv Slunce zcela překryt geotermální energií v tzv. **černých kuřácích** na dnech oceánů. R. Haymonová aj. studovali koncem roku 2005 hydrotermální vývěry u Galapág,

ale i ve středním Atlantiku na 5° severní šířky. Ve vývěrech naměřili teploty až 260° C a při podvodní explozi dokonce 400° C, přičemž spálili kameru, kterou sledovali bohatý život v chladnějším okolí kuřáků. Podle N. Reida aj. *dosahuje současný rozsah teplot, při nichž různé mikroorganismy zůstávají na živu, rozmezí –2 až +121°C.*

P. Horowitz sehnal 50 tis. dolarů na konstrukci 1,8m zrcadla pro sledování případných **laserových signálů mimozemšťanů**. Detektor s 1024 pixely v ohnisku dalekohledu bude schopen odhalit záblesky o trvání kratším než 1 ns a pasážníkový dalekohled se zorným polem 0,2°×1,6° má prohlédnout celou oblohu dostupnou z Princetonu během 200 nocí. P. Backus chce pro naslouchání umělým rádiovým signálům z vesmíru využít prvních 42 dokončených eliptických parabol s rozměrem 7m×6m budoucí **anténní soustavy ATA** na radioastronomické observatoři Hat Creek v Kalifornii. ATA by měla mít po dokončení celkem 350 parabol, jenže slibný projekt narazil koncem roku 2006 na vážné finanční problémy, když z úhrnné ceny asi 43 mil. dolarů je k dispozici jenom polovina částky a žádní další mecenáši nebo štědré grantové agentury se nehlásí.

M. Cirkovic a R. Bradbury dospěli k názoru, že inteligentní život v Galaxii je omezen na **obydlitelnou zónu**, která se nachází v hlavní rovině Galaxie vně její centrální oblasti, tj. přibližně v té vzdálenosti, v níž se nachází sluneční soustava. Nemůžeme se proto divit, že projekty SETI zahájené bezmála před půl stoletím zatím nepřinášejí žádný výsledek, protože tato zóna je prostorově tak malá, že *pravděpodobnost současné existence technicky pokročilých civilizací je mnohem nižší, než se dosud soudilo.* I. Morison v rozsáhlém přehledovém článku dokonce dospívá k závěru, že v Galaxii jsme v současnosti jediná technická civilizace.

Nejnovější pokroky kosmologie vedou C. Bennetta (šéfa projektu družice WMAP) k poměrně pesimistickému názoru na *trvání života* ve vesmíru. V raném vesmíru není evidentně život možný kvůli následkům kosmologické inflace, takže ke vzniku hvězd a tvorbě zásob chemických prvků potřebných pro život dochází až v průběhu první miliardy let po velkém třesku. Pak to ještě trvá několik miliard let, než vzniknou hvězdy slunečního typu obklopené terestrickými planetami, aby se na nich život mohl vyvinout do pokročilých forem. Mezitím však nastupuje efekt skryté energie, tj. zrychlujícího se tempa rozpínání vesmíru, které povede k „velkému chladu", kdy opět život ve vesmíru bude nemožný.

8. Přístrojová technika

8.1. Optická astronomie

Binokulární teleskop LBT na Mt. Grahamu v Arizoně získal první světlo prvního 8,4m zrcadla v říjnu 2005, když pořídil snímek spirální galaxie NGC 891 (And). Druhé zrcadlo LBT bylo v téže montáži instalováno koncem roku 2006. Spřažená dvojice tak má ekvivalentní průměr 11,8 m a jako interferometr základnu dlouhou 22,8 m. Náklady na LBT dosáhly 120 mil. dolarů.

S. Bradley Cenko aj. dokončili robotizaci známého **1,5m zrcadla na Mt. Palomaru** s dosahem 23 mag v oboru *R*, které je nyní schopno samočinně přerušit rutinní pozorování a do 3 min zahájit sledování mimořádného úkazu kdekoliv na obloze. C. Guidorzi aj. získali první vědecké údaje s robotickým 2m **Liverpoolským teleskopem ART** na observatoři La Palma na Kanárských ostrovech. Teleskop dokázal za necelé 3 min po avízu z družice Swift sledovat ve více barvách světelnou křivku GRB 050502A. Na observatoři La Palma pracuje také 2,5m nordický teleskop NOT, provozovaný ve spolupráci skandinávských zemí a Islandu. Nová **kamera LuckyCam** dává fantastické rozlišení 0,08" tím, že exponuje krátké snímky a z nich v počítači vybírá ty nejlepší, které pak složí na sebe.

Obří dalekohledy na sopce Mauna Kea na Havajských ostrovech byly krátce vyřazeny z provozu při dvou **zemětřeseních**, které postihly ostrov Havaj 15. října 2006 v odstupu 7 min. První otřes o síle R = 6,7 se odehrál v hloubce 38 km a druhý o síle 6,0 v hloubce 20 km. Největší dalekohled Keck I se posunul o 25 mm, ale také japonský Subaru a kanadsko-francouzský CFHT byly vychýleny z ustavené polohy. **Dalekohled CFHT** o průměru zrcadla 3,6 m byl nově vybaven velkoplošnou infračervenou digitální kamerou WIRcam pro pásmo 2,5 μm, která má ovšem o řád menší plochu zorného pole než proslulá optická kamera MegaCAM (320 Mpix) téhož dalekohledu se zorným polem 1 čtv.stupeň. Podle P. Wizinowiche aj. byla u Keckova dalekohledu uvedena do rutinního provozu **laserová adaptivní optika**, která nyní umožňuje vynikající optické rozlišení pro libovolný objekt na obloze do 19 mg. Počátkem února 2006 získali první světlo s laserovou adaptivní optikou také u 8,2m dalekohledu VLT Jepún (UT4) a koncem téhož roku také u dalekohledu Antu (UT1) na Cerro Paranal (ESO) v Chile.

Koncem června 2006 získala první světlo první jednotka přehlídkové soustavy dalekohledů **PanSTARRS**, budované mezinárodním konzorciem institucí z USA, Velké Británie, Německa a Tajvanu ve výšce 3 tis. m n.m. pod vrcholem sopky Mt. Haleakala na ostrově Maui na Havajských ostrovech. Přehlídkový dalekohled má průměr zrcadla 1,8 m a v jeho ohnisku se nachází obří kamera CCD s kapacitou 1,4 Gpix (!). Postupně mají být v závislosti na přísunu financí vybudovány ještě další tři jednotky. Soustava umožní opakované přehlídky oblohy do 24 mag několikrát měsíčně a měla by mj. posloužit k objevu většiny planetek-křížičů s průměrem nad 1 km a alespoň části populace křížičů s průměrem nad 300 m. Hodí se však i pro sledování optických protějšků GRB a objevy supernov v cizích galaxiích.

Jeden z nejperspektivnějších projektů pozemní optické astronomie – **obří přehlídkový teleskop LSST** s průměrem zrcadla 8,4 m a digitální kamerou 3 Gpix má navázat na úspěch přehlídky SDSS. Ve srovnání s ním má mít však nesrovnatelně větší dosah i výkon: za jedinou noc pozorování totiž získá na 20 – 30 TB údajů, což je více než rozsah celé přehlídky SDSS za pět let. *Během necelého týdne získá LSST více dat, než získali optičtí astronomové od časů Galilea po palomarský fotografický atlas včetně!* Objem dat z LSST se dokonce vyrovná objemu dat z budoucího urychlovače LHC v CERN v Ženevě. Podle šéfa projektu A. Tysona bude LSST pracovat v širokém spektrálním pásmu od UV do blízké infračervené oblasti a celou dostupnou oblohu pročeše za pouhé tři dny, načež se bude přehlídka rutinně opakovat s cílem objevit všechny změny, k nímž v mezidobí na obloze dojde.

K tomu cíli bude ovšem potřebí vyvinout velmi složité a rychlé algoritmy ve spolupráci se známou firmou Google. O umístění přístroje se rozhodovalo mezi Mexikem (San Pedro Martír) a několika stanicemi v Chile. V r. 2006 padlo definitivní rozhodnutí, že tento jedinečný nástroj budoucí optické astronomie bude postaven do r. 2012 na **Cerro Pachón** v Chile za 270 mil. dolarů včetně provozních nákladů na 10 let provozu. A. Tokovinin a T. Travouillon studovali vertikální profil turbulence atmosféry nad vrcholem

Cerro Pachón (2738 m n.m.), kde už nyní funguje 8m teleskop Gemini South. Medián neklidu obrazu *(seeing)* zde činí 0,77" a škálová výška sloupce atmosféry dosahuje za dobrého počasí 30 m, ale při horším počasí až 100 m. Zóna 6 – 500 m nad vrcholem přispívá 60% k celkovému neklidu obrazu.

G. Monnet a R. Gilmozzi oznámili změnu v koncepci **evropského obřího teleskopu E-ELT**. Původní návrh 100m teleskopu OWL z r. 1998 tak doznal po obsáhlé diskusi zásadní změny, když segmentové zrcadlo bude mít průměr jen 42 m. Výhodou nové koncepce je nižší závislost ceny teleskopu na průměru hlavního zrcadla. U klasických teleskopů rostla totiž cena s 2,6. mocninou průměru, kdežto nová koncepce snižuje tuto mocninu na 1,4. Zatím není jasné, kde bude E-ELT postaven. M. Sarazin aj. rozběhli projekt výběru vhodného místa na základě obsáhlých meteorologických údajů z potenciálně vhodných stanovišť za posledních 45 roků.

P. Corasaniti aj. testují na observatoři Cerro Tololo v Chile **obří rtuťové zrcadlo ALPACA** o průměru 8 m, které má zorné pole o průměru 3° a může pracovat v UV, optickém i blízkém infračerveném pásmu při driftových přehlídkách oblohy (zrcadlo míří do zenitu a zorným polem obloha driftuje). Mezní hvězdná velikost přístroje dosahuje až 25 mag a hodí se tak pro výzkum velmi hlubokého vesmíru při nízkých nákladech na financování celého zařízení. E. Borra, jenž se celý život věnuje vývoji tekutých astronomických zrcadel (rotujících mís s kapalnou rtutí), nyní přichází s novým nápadem využít místo rtuti **feroelektrických kapalin**, pokrytých reflexní vrstvou nanočástic. Povrch kapaliny by pak byl tvarován vespod umístěnými koncentrickými indukčními cívkami. Borra se domnívá, že tak by bylo možné sestrojit světelná (f/2) zrcadla o průměru 15 – 44 m podstatně levněji než plánovaná segmentovaná skleněná zrcadla obřích teleskopů.

V r. 2006 uplynulo půlstoletí od vynálezu **Dobsonovy montáže** pro amatérské zrcadlové teleskopy. Vynálezce John L. Dobson (*1915) si tehdy v Kalifornii postavil první prototyp ze snadno dostupných a levných materiálů při průměru zrcadla 0,3 m. Jelikož si tento nápad úmyslně nenechal patentovat, staly se „dobsony" neobyčejně oblíbené mezi pokročilejšími astronomy amatéry pro své nesporné přednosti při ustavení a skladnost např. při převozech v autě i díky dříve nemyslitelné láci, zejména pro větší zrcadla

8.2. Optické dalekohledy v kosmu

Legendární **Hubbleův kosmický teleskop** (HST) překročil v dubnu 2006 17. rok své kosmické existence. Podle R. Fosbury aj. *HST zasáhl rozhodujícím způsobem do rozvoje astronomie na přelomu XX. a XXI. stol.* Ročně se totiž publikuje na 600 prací, založených na pozorování HST, což je více než u rentgenového teleskopu Chandra (500 prací) a nejvýkonnějšího pozemního teleskopu VLT ESO (350 prací). Na tomto úspěchu se výrazně podílely dosavadní servisní mise, které jsou sice drahé, ale astronauti přitom sehráli naprosto nezastupitelnou úlohu vysoce kvalifikovaných opravářů. Po každém servisu se tak HST dostal velmi rychle do prvotřídní kondice. Celková účinnost HST se po celou dobu pohybuje kolem 50% času na oběžné dráze, což je velmi příznivé číslo. Nejvíce využívané přístroje jsou po řadě ACS, WFC IR, WFC UVIS, WFC2 a NICMOS. Další předností je volný přístup k datům HST po ochranné lhůtě obvykle 1 rok. Astronomové z celého světa mohou využívat data ze tří identických archivů v Baltimore, Garchingu a Victorii, B.C. v Kanadě.

HST však začal v r. 2005 jevit neklamné **známky opotřebování**. Odborníci NASA proto preventivně již v srpnu 2005 vypnuli třetí gyroskop, protože se tím potenciálně prodlouží životnost gyroskopické navigace asi o 9 měsíců. Koncem r. 2005 zhasl jeden ze tří čipů v kameře WFPC2 a v červnu 2006 měla citlivá kamera ACS elektronický výpadek, který se naštěstí podařilo po dvou týdnech odstranit. HST od té doby funguje jen jako zobrazovací dalekohled; spektrografy NICMOS a STIS jsou mimo provoz. Mezitím se začala plánovat pátá a poslední servisní výprava raketoplánu k HST, a to na rok 2008. Při ní se měly vyměnit akumulátory a všech 6 gyroskopů a instalovat nová kamera se spektrografem COS. Naopak bylo odvolán plán na připojení modulu pro řízený zánik HST po skončení jeho činnosti kolem r. 2013. *Časopis Nature odhadl celkové náklady na konstrukci, vypuštění i provoz HST na 12 miliard dolarů.*

Nyní je největším finančním bumbrlíčkem **projekt JWST**, protože původně odhadované náklady ve výši 1 mld. dolarů se ukázaly jako iluzorní a budou překročeny nejméně pětinásobně. Podle J. Gardnera aj. bude beryliové zrcadlo JWST o průměru 6,6 m chlazeno na 50 K a bude se skládat z 18 segmentů, jež se rozevřou a automaticky zjustují až na oběžné dráze. Na palubě JWST budou instalovány celkem čtyři přístroje, tj. kamera a multiobjektový spektrograf a dva zobrazovače s laditelnými filtry pro pásmo 0,6 – 29 μm. Doplněním původního projektu se stal návrh W. Cashe na *instalaci samostatného stínítka* o průměru cca 40 m tvarovaného jako okvětní lístky, jenž by se vznášel v kosmu ve vzdálenosti 20 tis. km od JWST s přesností umístění v prostoru na několik centimetrů! Zástin by umožnil zobrazit exoplanety u zhruba tisíce hvězd do vzdálenosti 10 pc od Slunce a jenom jeho cena a provoz se odhaduje na 1 mld. dolarů. Touto finanční černou dírou trpí ostatní důležité projekty. Především se opozdilo nasazení létající observatoře **SOFIA** až do r. 2010 a ohrožen začal být i projekt **Dawn** (let k planetkám hlavního pásu).

8.3. Radiová astronomie

V chilské poušti Atacama pokračuje úspěšně stavba obří anténní soustavy pro mm a submm pásmo **ALMA** (ESO ve spolupráci s USA, Japonskem, Kanadou, Chile a Tajvanem), jejíž cena se odhaduje na 650 mil. dolarů. Hmotnost každé 12m antény dosahuje 110 t. Jejich přemisťování podle potřeb konfigurace soustavy budou obstarávat dva transportéry o hmotnosti 150 t, vybavené motory o příkonu 500 kW, jež zdolají až 7% stoupání z výšky 3 tis. m do pracovní výšky 5 tis. m po cestě dlouhé 28 km. Zkušební měření v daleké infračervené a mikrovlnné oblasti spektra (pásmo 0,2 – 1,3 mm) na stanici Llano de Chajnantor ve výšce 5,1 tis m n.m. pomocí 12m paraboly APEX proběhla úspěšně. Tvar paraboly s přesností na 18 μm byl adjustován holograficky. ALMA s minimálně 50 parabolami má být dokončena v r. 2012.

Mexico postavilo na Sierra Negra (4 850 m n.m.) za 110 mil. dolarů ve státě Puebla **milimetrový radioteleskop LMT** s průměrem paraboly 50 m. Kalifornští radioastronomové pro změnu stěhovali 9 exemplářů 6m parabol **BIMA** a 6 antén **OVRO** o průměru 10,4 m do výšky 2 400 m n.m. poblíž hranic s Nevadou. To usnadní rádiová pozorování vzdálených galaxií. Holanďané pod vedením H. Falckeho začali budovat **softwarový radioteleskop LOFAR** pro pásmo 30 – 240 MHz, jehož centrum bude v Groningenu. Soustava laciných nepohyblivých všesměrových antén bude pracovat na principu aperturní syntézy a a směr pozorování bude ovládán elektronicky fázovým zpožďováním signálů z různých antén. Projekt počítá s postupným vybudováním 76 stanic, řízených super-

počítačem IBM Blue Gene/L s výkonem 34 Tflops. Stanice budou pokrývat plochu o průměru alespoň 1 tis. km, takže některé antény budou umístěny v Německu, Velké Británii, Francii a Švédsku. Postupné zvyšování výkonů superpočítačů dovolí postupně rozšiřovat základní sestavu po celé Evropě.

8.4. Astronomické umělé družice a kosmické sondy

Japonská kosmická agentura JAXA vypustila v únoru 2006 na sluneční synchronní dráhu ve výšce 700 km přehlídkovou infračervenou družici **AKARI**, vyrobenou ve spolupráci s korejskými a evropskými odborníky za 110 mil. dolarů. AKARI má zopakovat přehlídku oblohy, vykonanou v r. 1983 průkopnickou družicí IRAS, proti níž má řadu předností: vyšší citlivost a rozlišovací schopnost díky většímu hlavnímu zrcadlu o průměru téměř 0,7 m, kvalitnějším čidlům a větší zásoba kapalného hélia, které vystačí na 1,5 roku provozu při teplotě čidel 6 K, jakož i širší spektrální pokrytí v pásmu 1,7 – 180 μm. Do konce r. 2006 družice stihla přehlídku v pásmech 60, 90 a 140 μm.

V polovině června 2006 odstartovala z Bajkonuru umělá družice **PAMELA** pro výzkum částic antihmoty v kosmickém záření. Společný projekt Ruska a Itálie s přispěním německé a švédské kosmické agentury má za cíl zkoumat po dobu tří let částice primárního kosmického záření slunečního, galaktického i extragalaktického původu pomocí obřího magnetu, který odchyluje elektricky nabité částice a antičástice kosmického záření, jež pak zachytí soustava detektorů půltunové družice Koncem září vypustila agentura JAXA sluneční družici **Solar B** *(Hinode)* na dráhu ve výšce 600 km. Družice snímkuje Slunce pomocí 0,5m zrcadla v optickém oboru souběžně získává sluneční spektrum v extrémním UV a rentgenovém oboru. Snímky Slunce mají mít lineární rozlišení 150 km. Na jejím vybavení se podílela také NASA a ESA.

Úspěšné astronomické družice **INTEGRAL** (záření gama) a **Newton** (rentgenové záření) mají z rozhodnutí vedení ESA prodlouženou životnost až do r. 2010. Na provozu družice INTEGRAL se podílejí také čeští astronomové pod vedením doc. R. Hudce. Jak uvedli A. Read aj, družice Newton je tak citlivá, že i během přejíždění z jednoho kosmického cíle na jiný má pořád až o řád vyšší citlivost než kterákoliv rentgenová družice. Proto se nyní i těchto „přejížděcích" údajů využívá pro postupné mapování rentgenové oblohy v pásmu energií 2 – 10 keV a 0,2 – 2 keV. Dosud tak byly získány údaje o 4 tis. zdrojů na 15% plochy oblohy, z nichž se více než polovinu podařilo identifikovat se známými objekty (AGN, rádiové galaxie, kupy galaxií, proměnné hvězdy, pozůstatky po supernovách, rentgenové proměnné a bílí trpaslíci). Řada z těchto zdrojů vykazuje velkou proměnnost rentgenového toku a autoři se domnívají, že jde většinou o projev slapového trhání hvězd v okolí černých veleděr. Podobně byla prodloužena mise proslulé družice **Swift**, která se zasloužila o podstatné zlepšení našich znalostí o zábleskových zdrojích záření gama (GRB) a věnuje se dále vyhledávání černých veleděr v jádrech galaxií do vzdálenosti 120 Mpc a objevování supernov.

Mezinárodní družice **FUSE** (USA, Kanada, Francie) sledující dalekou ultrafialovou oblast spektra (90 – 120 nm) byla vyřazena z provozu v prosinci 2004, kdy se zastavilo poslední ze čtyř reakčních kol nutných pro navigaci družice na astronomické objekty. Odborníci z Univerzity Johnse Hopkinse však vyvinuli novou metodu řízení družice, opírající se interakci uměle generovaných elektromagnetických polí na palubě družice s magnetickým polem Země, a tak *zázračně vzkřísili družici, která začala opět naplno fungovat od ledna 2006.*

Téměř 2t sluneční družice **SOHO** (ESA a NASA), usazená v Lagrangeově bodě L 2 soustavy Slunce-Země, oslavila počátkem prosince 2005 prvních 10 let neuvěřitelně úspěšné činnosti, když vynalézavostí techniků se dokázala vzpamatovat ze dvou velkých technických problémů v letech 1998 a 2003 a funguje nyní i bez navigačních gyroskopů. Na jejím vývoji a provozu se podílí 1 500 odborníků ze 20 států a její provoz je plánován minimálně do konce r. 2009. Kromě monitorování Slunce v mnoha spektrálních oborech se stala *nejúspěšnější lovkyní komet v dějinách astronomie*, když jich během prvních deseti let objevila v blízkosti Slunce již 1 070. Družice za tu dobu přenesla do řídícího centra 114 TB dat, veřejně přístupných na internetu a posloužila tak mimo jiné pro obhájení 140 disertací PhD.

V prosinci 2005 ukončila provoz po šestiletém provozu družice **IMAGE** (NASA), první družice zkoumající komplexně zemskou magnetosféru. Počátkem září byla ke srážce s Měsícem navedena kosmická sonda **SMART-1**, jež využila k příletu na Měsíc iontového motoru, takže cesta ze Země na Měsíc jí zabrala 14 měsíců, ale byla neuvěřitelně levná – iontový motor spotřeboval na dráze dlouhé 84 mil. km pouhých 70 kg paliva! Sonda měla při dopadu ma Měsíc rychlost 2 km/s a záblesk při dopadu zaznamenal kanadský teleskop CFHT.

Počátkem listopadu 2006 skončil vědecký provoz mimořádně úspěšné kosmické sondy **Mars Global Surveyor**, která byla umělou oběžnicí Marsu po dobu bezmála desetiletí (4× déle než plánovaná životnost), která přenesla na Zemi celkem 240 tis. vynikajících snímků Marsova povrchu, vesměs dostupných na internetu. Její činnost ukončilo selhání palubních akumulátorů po sérii softwarových chyb a povelů v posledních měsících provozu. Japonská kosmická sonda **Hayabusa** se potýkala při obíhání planetky Itokawa s tak vážnými technickými problémy, že její návrat byl odsunut až na únor 2007.

Kosmická sonda **Stardust** (NASA), připravená americkými vědci ve spolupráci s Němci a Brity, se úspěšně vrátila se vzorky z okolí komety Wild 2, odebranými při svém průletu kolem jádra komety v lednu r. 2004. Obtížný přistávací manévr, kdy vstupovala do zemské atmosféry rychlostí 12,8 km/s v koridoru o vrcholovém úhlu 48 obl. minut, zvládla v noci místního času 15. ledna 2006 bezvadně, takže půlmetrákové pouzdro s mimořádně cenným nákladem měkce přistálo pomocí padáku podle plánu ve vojenském prostoru v Utahu a bylo pak dopraveno do laboratoře helikoptérou. První prohlídka ukázala, že se podařilo přivézt asi 1 mg kometárního materiálu, který se zachytil ve speciálním aerogelu. Na prohlížení vzorků, které byly rozděleny do 1,6 mil. políček, se mohou podílet i amatéři v rámci projektu sdíleného počítání *(stardustathome.ssl.berkeley.edu)*. O den později odstartovala kosmická sonda **New Horizons** o hmotnosti 465 kg a s cenovou visačkou 650 mil. dolarů, která směřuje k Plutu, kam má doletět v červenci r. 2015, když byla v únoru 2007 urychlena gravitačním prakem Jupiteru.

V březnu 2006 doletěla k Marsu kosmická sonda **Mars Reconnaissance Orbiter** (MRO), pořízená NASA za 720 mil. dolarů. Metodou aerobrzdění se do listopadu téhož roku usadila na mírně eliptické sluneční synchronní oběžné dráze ve výškách 250 – 316 km. Jejím hlavním úkolem je přesně mapovat místa budoucích přistání kosmických sond a vozítek na Marsu a získat přesné meteo-

rologické i topografické a geologické údaje o této pozoruhodné planetě. Později pak bude sloužit jako retranslační stanice pro přenos signálů z jiných sond na Marsu.

V téže době doletěla k Venuši evropská sonda **Venus Express** v ceně 220 mil. euro a usadila se u Venuše na eliptické oběžné dráze s pericentrem 400 km a apocentrem 350 tis. km v oběžné době 24 h. Začala mapovat atmosféru Venuše a měla by získávat údaje o atmosférickém proudění po dobu alespoň 16 měsíců. Kometární sonda **ROSETTA** proletěla v prosinci 2005 afelem své dráhy za Marsem, aby se v září 2006 protáhla v přísluní kolem Země a opět zamířila k Marsu. V březnu 2006 snímkovala planetku (2867) Steins, s níž se znovu setká v r. 2008. ROSETTA také křižovala chvost komety 45P/Honda-Mrkos-Pajdušáková v červenci 2006.

Fungující veteráni **Voyager 1 a 2** se koncem roku 2005 nacházeli ve vzdálenosti 98 AU, resp. 78 AU od Slunce v ekliptikálních šířkách +34°. resp. –26°. Voyager 1 pak v půlce srpna 2006 úspěšně překonal magickou hranici 100 AU od Slunce a jeho signály jsou dosud dobře slyšitelné.

G. Hornecková aj. poskytli údaje o probíhajícím projektu HUMEX, v němž se posuzují **zdravotní aspekty při letu astronautů** na Měsíc a popřípadě i na Mars. Minimálním požadavkem pro takové výpravy je, aby riziko smrti člena posádky během kosmického letu nepřesáhlo 0,03 úmrtí za rok pobytu, což ovšem není nijak radostná vyhlídka. To mimochodem vyžaduje konstrukci radiačních úkrytů na Měsíci i na Marsu a nejspíš také v kabinách korábů, letících k Marsu. Dalším problémem je demineralizace kostí v beztíží při letu na Mars a zpět, které astronauty nepřijatelně ohrožuje, takže bez umělé gravitace se asi na palubě neobejdou. *„Krátká" mise na Mars by trvala 500 dnů, a z toho na povrchu Marsu by astronauti strávili měsíc.* Mnohem rizikovější „dlouhá" mise by trvala 1 tis. dnů, a z toho 525 dnů by byli astronauti na Marsu – to představuje značné psychologické riziko z pocitu odloučenosti od civilizace. Prostředky, které chce americká vláda vynaložit na pilotované lety na Měsíc a na Mars, by proto bylo podle názoru řady odborníků vhodnější *přesunout na projekt obrany Země před kosmickými projektily o rozměrech 140 – 1 000 metrů.*

8.5. Astrofyzika vysokých energií

V Utahu je v provozu rozsáhlá aparatura **HiRes** pro výzkum kosmického záření o extrémních energiích, která navazuje na úspěšný projekt *Fly s Eye* (Muší oko), v němž byla v r. 1991 zaznamenána částice kosmického záření se stále nepřekonanou energií 320 EeV. HiRes sleduje fluorescenční záření atmosférických spršek, které vznikají při drobení původní vysoce energetické částice primárního kosmického záření, pomocí soustav světelných teleskopů vybavených fotonásobiči s odezvou 100 ns jako detektorů spršek. Celkem 64 pevně zamířených teleskopů pokrývá oblohu ve všech azimutech ve výškách 3 – 31° nad obzorem a registruje tak za příznivých nocí spršky primárních částic s energiemi vyššími než 0,5 EeV až do vzdálenosti 40 km od teleskopů.

Aparatura umožnila získat průběh energetického spektra kosmického záření v pásmu 0,5 – 10 EeV, kdy tok záření plynule klesá s 3,2. mocninou energie, takže pro nejvyšší energie nad 3 EeV dává až o řád nižší hodnoty toku než japonská aparatura AGASA, která měří tyto rekordní energie pomocí pozemních scintilačních detektorů. Pozemní aparatury však mají větší problémy s kalibrací hodnot energie primárního kosmického záření. HiRes nezjistila žádné odchylky od izotropního rozložení směrů příletu částic po obloze ani změny v chemickém složení primárního kosmického záření; v celém rozsahu zkoumaných energií jde pravděpodobně o silně urychlené protony.

V Namibii na stanic Gambsberg v nadmořské výšce 1 800 m funguje velmi úspěšně aparatura **HESS** (High-Energy Stereoscopic System) pro detekci záření gama s energiemi 0,2 – 40 TeV, využívající záblesků Čerenkovova záření, které doprovází průlet těchto vysoce energetických fotonů zemskou atmosférou. Aparatura se skládá ze čtyř teleskopů, rozmístěných ve čtverci o straně 120 m. Souhrnná plocha 382 zrcadel každého teleskopu činí 107 m^2 (ekvivalentní průměr by byl 11 m) a v jeho 15m ohnisku se nachází 960 fotonásobičů s odezvou 5 ns, které zachycují světlo ze zorného pole o průměru 5°. Pointace teleskopů je přesná na 8". Aparatura HESS byla vybudována a je nyní provozována v široké mezinárodní spolupráci, na níž se podílejí také čeští odborníci pod vedením prof. L. Roba (viz Kosmos 39/2008, č. 4, str. 13).

S. Le Bohec a J. Holder navrhují oživit velmi mocnou metodu **intenzitní interferometrie**, kterou v letech 1956 – 1974 vyvíjeli R. Hanbury Brown a R. Twiss v Austrálii. Proměřili tak úhlové průměry 32 hvězd jižní oblohy jasnějších než +2,5 mag a větších než 0,000 4". Nyní jsou totiž k dispozici mnohem větší Čerenkovovy teleskopy pro záření gama (HESS, MAGIC, VERITAS, CANGAROO), které nemohou měřit v době kolem měsíčního úplňku. Právě tento čas by se totiž dal využít pro jejich adaptaci na intenzitní interferometry, protože mají daleko větší sběrnou plochu, než kterou měli původní průkopníci k dispozici.

8.6. Astronomické přehlídky, katalogy a astrometrie

J. Pecker a J. Narlikar zpřesnili na základě komplexního rozboru pozorovacích dat ze všech odvětví moderní astronomie odhad A. Eddingtona z r. 1926 o tom, jaká je **hustota záření vesmíru** v kosmickém prostoru za hranicí zemské atmosféry, když odečteme lokální vliv Slunce. Eddington se domníval, že k této hustotě přispívá souhrnné záření asi 2,5 mld. hvězd naší Galaxie a dále asi 20 tis. tehdy známých galaxií. Zjistil, že toto záření by ohřálo Zemi na teplotu 3,0 K, což je číslo nápadně podobné teplotě reliktního záření 2,7 K, objeveného v r. 1965... Podle nového výpočtu zmíněných autorů však vychází přece jen o něco „přijatelnější" teplota souhrnného záření vzdáleného vesmíru 4,2 K.

M. Skrutskie aj. referovali o mimořádně úspěšné přehlídce **2MASS**, která proběhla za pomocí dvou identických 1,3m teleskopů na Mt. Hopkinsu v Arizoně a na Cerro Tololo v Chile mezi červnem 1997 a únorem 2001 v blízkém infračerveném oboru spektra v pásmech J, H a K (1,25; 165 a 2,16 μm) s mezními hvězdnými velikostmi po řadě 15,8; 15,1 a 14,3 mag. V přehlídce bylo pořízeno přes 4 mil. snímků celé oblohy, na nichž je zachyceno celkem 471 mil. bodových a 1,6 mil. plošných zdrojů, pro něž přehlídka dala jejich polohy s přesností na 0,1" a jasnosti s chybou ±0,03 mag; tj. celkem přes 25 TB dat!

K. Adelmanová-Carthyová aj. uveřejnili IV. vydání přehlídky **SDSS** s uzávěrkou v červnu 2004, v nichž jsou pětibarevné údaje o jasnostech 180 mil. objektů na 6 670 čtv. stupních oblohy a spektra 673 tis. hvězd, galaxií a kvasarů na 4 783 čtv. stupních oblohy. I tento projekt spěje ke svému vytčenému cíli a jeho předností je také přímý přístup ke všem datům prostřednictvím internetu. J. Gunn aj. shrnuli *technické parametry teleskopu SDSS*, který je instalován na observatoři Apache Point v Novém Mexiku. Primární zrcad-

lo má průměr 2,5 m, sekundární 1,1 m a ohnisko Ritchey-Chrétien dosahuje světelnosti f/5 se dvěma korektory pro rozšíření zorného pole. Kromě 120 Mpix digitální kamery využívá k měření dvou vláknových spektrografů a tak pokrývá široké pásmo vlnových délek 300 – 1 060 nm.

Podle H. Jonese aj. dokončili australští astronomové v lednu 2006 další rozsáhlou přehlídku **6dFGS** pomocí pomocí 1,2m Schmidtovy komory v Siding Spring. Přehlídka obsahuje spektra 150 tis. galaxií na jižním nebi a pro 120 tis. z nich červené posuvy, což je důležité pro výzkum trojrozměrné velkorozměrové struktury vesmíru. Tatáž kamera se nyní využívá pro projekt **RAVE** — simultánní měření radiálních rychlostí, spektrálních tříd, metalicity a gravitačního zrychlení 150 hvězd v zorném poli přístroje na jediném spektrálním snímku. Polohy světlovodů do spektrografu se nastavují robotem, takže celá práce rychle pokračuje. Podle M. Steinmetze aj. se soustřeďují na hvězdy, která mají v oboru *I* jasnosti 9 – 12 mag a radiální rychlosti měří opakovaně s cílem odhalit spektroskopické dvojhvězdy. Přesnost měření činí 3 km/s. Cílem projektu je získat homogenní údaje o milionu hvězd!

B. Paczynski upozornil na velké možnosti rychle opakovaných přehlídek jasnějších hvězd malými teleskopy s velkým zorným polem a digitální kamerou 4 Mpix a výkonným počítačem. Projekt **ASAS**, který byl Paczynskim inspirován, využívá na observatoři Las Campanas v Chile komory o průměru objektivu 70 mm (f/2,9) během čtvrthodinové expozice dosahovat 16 mag pro hvězdy jižněji od +28° deklinace; tj. během roku přes 70% celé oblohy. Za pět let provozu se tak podařilo objevit 50 tis. proměnných hvězd, z toho 11 tis. zákrytových dvojhvězd, mezi nimi asi 10 hvězd s transitujícími exoplanetami.

Ve veřejně přístupné archivní databázi ASAS na univerzitě v Princetonu jsou tak údaje o 17 mil. hvězd, přičemž statistika proměnných je víceméně úplná pro rozsah 8 – 12 mag v pásmu *V*. V poslední době však přidali ještě filtr *I*, který je pro objevování proměnných dokonce účinnější, takže archiv už má několik TB dat a ročně přidává asi 100 fotometrických měření pro každou hvězdu. Podobné koordinované celosvětové přehlídky by umožnily najít zabijácké planetky o průměru do 20 m již několik dnů před impaktem a přirozeně se hodí také pro objevy nov, optických protějšků GRB a proměnných hvězd všech druhů.

D. Pollacco aj. zkonstruovali širokoúhlou kameru **SuperWASP** se 4 Mpix, která dává ve spojení se světelným (f/1,8) teleobjektivem rozlišení 14"/pixel a zorné pole 482 čtv. stupňů. Na observatoři na ostrově La Palma instalovali 8 kamer, které přehlédnou celou oblohu během 40 min a dosahují fotometrické přesnosti lepší než 1% pro hvězdy do $V = 11{,}5$ mag. Soustava získá během průměrné noci asi 100 GB dat a za první půlrok provozu proměřila 6,7 mil. objektů, pro než archivovala 13 GB údajů. Podobný systém se nyní uvádí do chodu také na jižní polokouli na SAOO v Sutherlandu v JAR.

Překotný rozvoj monumentálních přehlídek oblohy v nejrůznějších oborech astronomie má svou technickou příčinu v rozvoji plošných digitálních detektorů s vysokou kvantovou účinností, v neuvěřitelném tempu zlepšování výpočetní techniky i softwaru pro dobývání dat z rozsáhlých databází. Není proto divu, že S. Kulkarni a A.Rau navrhli, aby se dosavadní kosmická kartografie postupně změnila v **kosmickou kinematografii** tak, jak to naznačuje zejména vizionář B. Paczynski. Robotické přístroje by tedy měly pročesávat celou oblohu co nejčastěji a tím podstatně zlepšit naše znalosti o rychlých nebo velmi vzácných změnách ve vesmíru. Zatím spíše jen náhodně a vzácně se dozvídáme o dějích ve vesmíru trvajících jen několik sekund nebo minut, takže překonáním tohoto nedostatku může pozorovací astronomie získat nečekané nové poznatky.

9. Astronomie a společnost

9.1. Úmrtí

V roce 2006 zemřeli významní astronomové: **James van Allen** (*1914; radiační pásy – Crafoordova c., 1989); **Raymond Davis** (*1914; neutrina – Nobelova c., 2002); **Wulff Heinz** (*1930; vizuální dvojhvězdy); **Miloslav Kopecký** (*1928; sluneční činnost) a **George Wetherill** (*1925; planetologie).

9.2. Ceny, vyznamenání a výročí

Prestižní světová uznání obdrželi: **John Barrow** (Templetonova c.); **John Broughton, Paulo Holvorcem** a **Charles Juels** (c. E. Wilsona); **Len Culhane, Nigel Weiss** a **Simon White** (zlaté m. RAS); **Reinhardt Genzel** (Darwinova předn.; RAS); **Kamil Hornoch** (Amatérská c. ASP); **Robert Kirshner** (Russellova předn. AAS); **Frank Low** (m. Bruceové ASP); **Andrew Lyne a kol.** (Descartesova c.; Evropská komise); **John Mather** a **George Smoot** (Nobelova c. za fyziku); **Bernard Mills** (c. G. Rebera, Austrálie); **Igor Novikov** (Eddingtonova m.; RAS) a **Govind Swarup** (Herschelova m.; RAS).

U nás byli vyznamenáni: **Zdeněk Ceplecha** (Praemium Bohemiae; Nadace B. J. Horáčka), **Oldřich Hlad** (Littera Astronomica; ČAS); **David Motl** a **Petr Svoboda** (c. J. Šilhána; sekce proměnných hvězd a exoplanet ČAS); **Zdeněk Sekanina** (Nušlova c.; ČAS) a **Ladislav Šmelcer** (Kvízova c.; ČAS). Jubilejní 100. narozeniny oslavil nejstarší člen ČAS v celé historii Společnosti **Prof. Ing. Emil Škrabal, DrSc. h.c.** (*18.7.1906). V r. 1906 začala též astronomická pozorování na **observatoři v Ondřejově**, kterou vybudovali bratří Fričové ve spolupráci s prof. V. Šafaříkem a F. Nušlem. V témže roce 1906 se narodil v Brně jeden z nejvlivnějších českých astronomů XX. stol. **František Link**, jenž se zejména v prvních poválečných letech zásadně zasloužil o rozvoj ondřejovské observatoře a založení několika směrů astronomického výzkumu od vícestaničních fotografování bolidů přes sledování sluneční činnosti až po výzkumy vysoké atmosféry pomocí stratosférických balónů. Zabýval se však i souvislostmi mezi klimatem a sluneční činností a poukázal na efekt gravitační čočky v obecné teorii relativity ještě před A. Einsteinem. Doc. Link zemřel v exilu v Paříži v r. 1984.

9.3. Astronomické observatoře, instituce a společnosti

A. Agabi aj. a S. Kenyonová a J. Storey studovali kvalitu noční oblohy na astronomicky perspektivní antarktické stanici **Dome C** (75,6° j.š.; 3 250 m n.m.). Zjistili, že 87% turbulence se odehrává v přízemní vrstvě do výšky 36 m nad terénem. Ve větší výšce je at-

mosféra mimořádně stabilní, takže na věži ve výšce 8,5 m nad terénem byl průměrný neklid ovzduší *(seeing)* (1,3" ±0,8"), kdežto na věži vysoké 30 m byl seeing (0,36" ±0,19") a medián dokonce neuvěřitelných 0,27", *protože po čtvrtinu noční doby byl seeing lepší než 0,15" a rekord činil 0,07"!* Další předností stanice je téměř 75% bezoblačných nocí, bezvětří (do 3m/s) skoro žádné sněžení a velmi nízký obsah vodní páry v ovzduší, což je skvělé (spolu s mrazem až –84° C) pro infračervenou astronomii. Jas pozadí v zenitu v pásmu *V* činí jen 22 mag na čtvereční obl. vteřinu, i když kolísá až o 1 mag během cyklu sluneční činnosti. Překvapivě tam nevadí polární záře, ale problém je v dlouhém období soumraku a svítání a také v malém pokrytí oblohy. Během polárních nocí lze sledovat jen 37% celé oblohy; naštěstí obě Magellanova mračna i centrum Galaxie viditelné jsou. Observatoř je dostupná buď speciálním letadlem, nebo lodí a pak pásovými vozidly po cestě dlouhé 1,2 tis. km po ledu.

V. Trimbleová prošla databázi 3,5 tis. astronomických prací, založených na **pozorování význačnými astronomickými přístroji** a publikovaných v r. 2001. Ve spolupráci s P. Zachem hledala, kolikrát byly citovány do r. 2004. Nejvíce citací získala rentgenová družice Chandra (6 092), za níž následoval HST (4 747) a obří anténní soustava VLA (3 000). V přepočtu citací na počet publikovaných prací dopadl nejlépe balón pro studium mikrovlnného záření MAXIMA (81 citací na práci), následovaný přehlídkovým teleskopem SDSS (40), družicí Chandra (35) a teleskopem AAT (28), Keck (21) a VLT (12). Jak uvedla V. Trimbleová, aparatury na družicích bývají zdrojem publikací i poté, co skončily aktivní provoz, protože jejich datové archivy jsou trvale veřejně přístupné. Suverénně nejúspěšnější jsou rentgenové družice **Chandra** a **Newton**.

Podle počtu citací článků, publikovaných v průběhu r. 2004 a založených na pozorováních **prvotřídními astronomickými přístroji**, vyšlo J. Madridovi a F. Machettovi do léta 2006 toto pořadí (počet citací je v závorce): 1. SDSS (1843); 2. ESO (1365); 3. HST (1124); 4. WMAP (1121); Keck (642); Kamiokande (372), 7. Chandra (365); 8. ACBAR – mikrovlnný bolometr na jižním pólu (207); 9. NOAO (202) a 10. Las Campanas (176).

Domácí událostí nejenom roku 2006 bylo přirozeně **XXVI. valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie (IAU)**, jež se uskutečnilo ve dnech 14. – 25. srpna 2006 v Kongresovém centru v Praze. Bylo to již podruhé, co se kongres IAU konal v Praze, jež se tím vyšvihla mezi jediná tři města na světě, kde se kongresy IAU (založené r. 1919) konaly dvakrát. Poprvé se tak stalo v r. 1967 v předvečer Pražského jara a tehdy se v Praze snad poprvé setkaly špičky světové astronomie ze Západu se svými protějšky z tehdejšího sovětského bloku. Kongresu v r. 2006 se účastnilo na 2,5 tis. astronomů, ale také početné (cca 180 !) novinářské agentury, protože nejvíce medializovanou záležitostí kongresu se stala demontáž Pluta ze seznamu planet sluneční soustavy.

Nezvykle bouřlivý průběh diskusí, které vedly k závěrečnému hlasování o zřízení nové kategorie objektů sluneční soustavy, nazvaných trpasličí planety, je podrobně zaznamenán v kongresových novinách **Dissertatio cum Nuncio Sidereo III**, jež jsou dosud přístupné na webu: *astro.cas.cz/nuncius/*. (První Dissertatio vydal r. 1610 v Praze Johannes Kepler a II. Dissertatio vycházelo v Praze v r. 1967 právě během XIII. kongresu IAU. Zdá se, že periodicita tohoto neperiodika má tendenci ke zkracování, podobně jako je tomu u oběžných period těsných dvojhvězd.) V těchto novinách je především velmi podrobně zachyceno, o čem se na kongresu jednalo v plenárních i souběžných zasedáních. Nesporně šlo o velký svátek české astronomie, která si tím mj. usnadnila vyjednávací pozici pro vstup do Evropské jižní observatoře, protože tehdejší *generální ředitelka ESO C. Cesarsky byla na pražském kongresu zvolena jako první žena v historii prezidentkou IAU* a o organizačním i odborném zajištění pražského kongresu se vyjadřovala v superlativech.

Mezitím ještě v r. 2006 bylo do ESO přijato **Španělsko** jako v pořadí již 12. evropská země. Španělská astronomie po pádu Francova režimu učinila obrovský skok kupředu a patří dnes do první desítky astronomicky nejproduktivnějších států na světě.

9.4. Letem (nejen) astronomickým světem

Keplerovo Dissertatio z r. 1610 bylo odezvou na spis **Nuncius Sidereus**, který vydal v témže roce Galileo Galilei nákladem 550 ks v Benátkách. Oba slavní astronomové si své spisy vyměňovali jízdními kurýry, uhánějícími po poštovní trase Praha – Benátky za jediný týden! Galilei měl k dispozici dalekohled dohotovený v 21. 8. 1609 v Padově, jímž poprvé pozoroval Měsíc krátce po novu 30. listopadu 1609. Soustavná astronomická pozorování popisovaná v Nunciovi započal v noci ze 6. na 7. ledna 1610.

V r. 1615 potvrdil kardinál Bellarmine Galileovi, že *církev uzná heliocentrismus, když podá přímý důkaz, že je Země v pohybu.* Galileo si byl vědom toho, že pokud Země obíhá kolem Slunce, měly by hvězdy během roku opisovat na obloze **paralaktické elipsy** a zkoušel je najít již v r. 1617 u známé dvojhvězdy Mizara ve Velké medvědici. Protože o vzdálenostech hvězd od Země nebyla kloudná představa, předpokládal, že nejslabší očima viditelné hvězdy jsou vzdáleny jen něco přes 2 tis. AU a pro jasného Mizara předpokládal vzdálenost jen 300 AU, tj. velikost paralaxy 690", což by se přirozeně dalo jeho dalekohledem snadno zjistit. Jelikož neuspěl, tento negativní výsledek nikdy nezveřejnil... Přestože Galileo mj. vypracoval teorii matematického kyvadla a formuloval Galileův princip relativity, nenapadlo ho zavěsit kyvadlo na kluzný závěs, čímž by dokázal stáčení roviny kyvadla a tudíž otáčení Země vůči hvězdám - tento pokus uskutečnil až francouzský fyzik L. Foucalt v r 1851, když nedlouho předtím (1839) byla paralaxa hvězd (vesměs menší než 1") prokázána.

Podle T. Freetha aj. byl antický přístroj **Antikythéra**, vylovený na počátku XX. stol. z lodi, která se potopila u stejnojmenného ostrova ve Středozemním moři v r. 65 př. n.l., ve skutečnosti důmyslným mechanickým astronomickým počítačem, umožňujícím určit polohy Slunce a Měsíce na obloze i měsíční fáze. Přístroj však umožňoval stanovit i fáze Metónova cyklu a cyklu saros. Podle částečně dochovaného písemného návodu přímo na tělese antikythéry musel být tento analogový počítač zhotoven ve druhé polovině II. stol. př. n. l. pravděpodobně na ostrově Rhodos, kde v té době žil slavný antický astronom Hipparchos. Není proto vyloučeno, že právě on byl duchovním otcem tohoto nečekaně dokonalého přístroje.

Současná věda astronomii nevyjímaje má však dle vědeckého týdeníku Nature nesrovnatelně mocnější nástroje, tj. digitální počítače ve spojení s internetem, propojením samotných počítačů v sítích GRID s přenosovou rychlostí až 1 GB/s a miliony kvalifikovaných uživatelů, kteří je inteligentně využívají. Následkem toho však se *množství archivovaných vědeckých dat zdvojnásobuje každým rokem,* takže internet svou relativní pomalostí je čím dál tím větším brzdou dalšího vědeckého pokroku!

10. Závěr

Týdeník Nature uveřejnil pozoruhodný záznam telefonických dotazů své redakce, co konkrétně dělali rozliční vědci a technici v různých částech světa **během 24 hodin kolem letního slunovratu 2006**. Velká část dotazů se týkala přirozeně astronomie a kosmonautiky, kteréžto disciplíny vyžadují nepřetržitý provoz. Výběrem z těchto údajů uzavírám přehled o pokrocích astronomie v roce 2006:

Čas (UT)	**Co se zrovna dělo ve vědě?**
00:12	VLT, Cerro Paranal: snímek hvězdokupy Westerlund 1
00:26	HST: expozice HUDF, řízená ze STScI v Baltimore
04:35	DSN Tidbinbilla: spojení se sondou Mars Odyssey
06:46	ISS fotografuje 19km impaktní kráter v Austrálii
07:27	Praha: začíná konference o anomálních embryích
08:55	DSN Madrid pokračuje ve sběru dat sond z Marsu
10:54	stanice Amundsen-Scott (-65°C): 64 lidí a bolometr 250 mK
12:26	slunovrat
16:42	Sutherland, JAR: justáž segmentů 11m teleskopu SALT
19:04	Pasadena, JPL: radarové sledování planetky 2004 XP14
20.45	Ondřejov: P. Spurný počítá dráhu meteoru Nullarbor Plain
23.04	Malargue: Pierre Auger měl nejdelší jasnou noc v roce

V úplném závěru připojuji výrok tehdejšího britského premiéra Tonyho Blaira, jenž při svém projevu na Univerzitě v Oxfordu 3. 11. 2006 mj. řekl.: *„Potřebujeme, aby naši současní vědci byli tak obdivovaní a populární jako naši sportovci, herci a podnikatelé.“* Zkouším si v duchu představit, že některý náš čelný politik zavítá do některé ctihodné domácí české vědecké instituce a prohlásí přitom něco podobného, ale nejspíš jde zatím o pošetilé sci-fi.

© Jiří Grygar:
Žeň objevů 2006
Príloha časopisu Kozmos

Zmeny slnečnej žiarivosti a ich vplyv na klímu Zeme

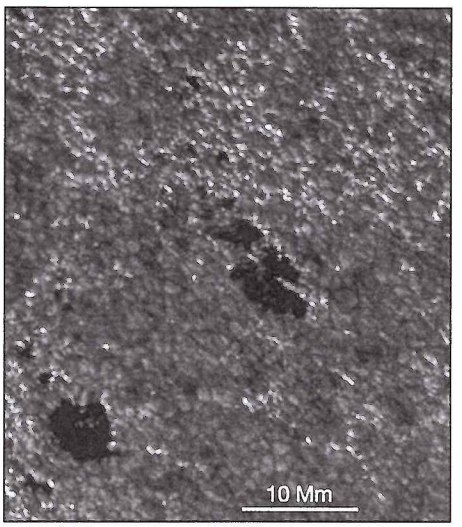
Zmeny v celkovom energetickom výkone (žiarivosti) Slnka sú spôsobené meniacimi sa tmavými (slnečné škvrny) a svetlými štruktúrami na slnečnom disku počas 11-ročného slnečného cyklu. Tieto zmeny, merané pomocou prístrojov na družiciach od roku 1978, sú príliš malé na to, aby významne prispeli k urýchleniu globálneho otepľovania počas ostatných 30 rokov. Detailná analýza týchto malých zmien v žiarivom výkone značne zdokonalila naše poznatky o zmenách slnečnej žiarivosti a tieto nové poznatky naznačujú, že zjasnenie Slnka malo sotva významný vplyv na globálne otepľovanie od 17. storočia. Nemožno však vylúčiť takýto vplyv prostredníctvom zmien ultrafialového žiarenia a zmagnetizovanej plazmy. Navrhované mechanizmy sú však príliš zložité na to, aby mohli byť v súčasnosti zmysluplne vyhodnotené.

Možný vplyv zmien v celkovom žiarivom výkone Slnka zaujímal vedcov a finančné komunity prinajmenšom od 18. storočia, keď Wiliam Herschel skúmal koreláciu medzi početnosťou slnečných škvŕn a cenou pšenice vo Veľkej Británii. Vhodným meradlom slnečného výkonu v tomto kontexte je žiarivý tok ožarujúci Zem v jej strednej vzdialenosti od Slnka, integrovaný cez všetky vlnové dĺžky, ktorý nazývame celkové slnečné vyžarovanie (Total Solar Irradiance – TSI). Nepresnosti spôsobené zemskou atmosférou oddialili presné určenie zmien v TSI dovtedy, kým sa stala pred 30 rokmi dostupná rádiometria pomocou družicových prístrojov. Hoci fluktuácie TSI zistené pomocou týchto meraní sú príliš malé na to, aby mali významný vplyv na klímu, ich analýza nás viedla k výraznému pokroku v poznaní zmien slnečného vyžarovania a k novému pohľadu na vplyv magnetických polí na hviezdnu konvekciu. Tento pokrok v poznaní je dôležitý, lebo nám umožňuje použiť relatívne krátke časové škály družicových meraní spolu s inými druhmi slnečných pozorovaní na vyvodenie záverov o pravdepodobnom vývoji TSI počas uplynulých storočí a tisícročí, čo sú zaujímavejšie časové škály pre klimatické výskumy.

Z teórie hviezdneho vývoja vieme, že Slnko postupne zjasnelo asi o 30 % od doby, keď sa pred 4,5 miliardami rokov ustálila úroveň tvorby energie z jadrovej fúzie vodíka na hélium. Napriek nižšej žiarivosti sa mladá Zem vyhla úplnému zmrznutiu najpravdepodobnejšie kvôli vyššej koncentrácii skleníkových plynov ako metán a kysličník uhličitý. V prípade časových škál od desaťročí cez tisícročia až po milióny rokov sa zdajú byť hnacou silou klimatických zmien skôr zmeny v osvetlení (šírkové a sezónne rozdelenie slnenčnej energie dopadajúcej na Zem) ako v TSI. Usudzuje sa, že takéto zmeny v osvetlení sú spôsobené cyklickými a predpovedateľnými zmenami v orbitálnych parametroch Zeme.

Slnečné škvrny a jasné fakuly vyvolávajú zmeny TSI

Prvý spoľahlivý dôkaz zmien v TSI bol získaný v roku 1980 prístrojom ACRIM (Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor), elektrickým substitučným rádiometrom na palube družice Solar Maximum Mission (SMM). Údaje jasne ukazovali pokles TSI zo dňa na deň, keď sa vyvíjala resp. objavila na slnečnom disku tmavá slnečná



Obr. 2. **Obrázok slnečnej fotosféry (povrchu slnečného disku viditeľný v bielom svetle), ktorý ukazuje štruktúry zodpovedné za variácie TSI. Granule pokrývajúce väčšinu zorného poľa prispievajú stálou zložkou žiarenia, ktoré dopadá na Zem. Magnetické štruktúry sú tmavé (slnečné škvrny) a jasné (fakuly) a prispievajú zložkou, ktorá sa mení počas slnečného cyklu. Príspevok fakúl prevažuje nad príspevkom tmavých škvŕn do TSI, preto je Slnko trochu jasnejšie v období slnečného maxima. Škála vzdialenosti je 10 megametrov.** (Obrázok získal B. De Pontieu 16. júna 2003 pomocou 1 m Swedish Solar Telescope – Švédsky slnečný ďalekohľad).

škvrna a nárast pri poklese priemetu plochy škvrny na disk Slnka. Tieto historicky prvé merania z ACRIMu a tiež o niečo menej presná rádiometria z Nimbusu 7, ktorá začala už od roku 1978, umožnili vytvoriť spojitý záznam TSI zložený z meraní niekoľkých družíc *(obr. 1)*.

Zjasnenie Slnka pri vzraste Wolfovho čísla by sa sotva dalo vysvetliť, keby tmavé magnetické škvrny boli jediné štruktúry viditeľné na slnečnom disku. Vskutku, ako ukazuje *obr. 2*, slnečná fotosféra je posiata aj množstvom jasných magnetických plôch nazývaných fakule. Každá tmavá alebo jasná štruktúra prispieva do TSI mierou plochy jej priemetu na disk a fotometrického kontrastu voči okolitému neporušenému fotosférickému disku. Príspevok k variáciám TSI pochádzajúci zo zmien fotosférickej teploty mimo škvrn a magnetických zjasnení (fakúl) je podstatne menší.

Fyzikálne mechanizmy zmien žiarivosti

Pozorovania ukazujú, že magnetické štruktúry znižujú, alebo zvyšujú lokálny žiarivý tok počas svojej existencie na povrchu. V prípade škvrn takéto štruktúry vytvárajú lokálnu magnetickú prekážku pre prenos tepla v plazme Slnka, v prípade fakúl dochádza k uvoľneniu magnetickej energie. Podľa navrhovaných mechanizmov by mohol byť „chýbajúci" žiarivý tok škvrn akumulovaný v zintenzívnení ich silných magnetických polí. Zdá sa však, že zmeny v TSI závisia iba od premietnutnej plochy škvrny bez ohľadu na to, či sa skutočná plocha zväčšuje alebo zmenšuje, resp. nezávisle od inzenzity magnetického poľa a plazmových tokov v škvrne. Modelovanie slnečných škvrn pomocou súčasných magnetohydrodynamických kódov potvrdzuje, že ich tmavosť môže byť chápaná ako teplotné „zásuvky", v ktorých intenzívne vertikálne magnetické polia zhromažďujú tepelný tok z hlbších vrstiev. Magnetické zjasnenia sa prejavujú opačným spôsobom, t. j. ako lokálne tepelné „trhliny". Magnetické pole tu formuje malé priehlbiny vo fotosférickom povrchu *(zobrazené na obr. 2)*, ktoré umožňujú ľahší únik žiarenia z nižších a horúcejších vrstiev.

Výpočty pomocou modelu tepelnej impedancie ukazujú, že tepelný tok nazhromaždený v škvrnách je tepelnými perturbáciami rozptýlený horizontálne a nasmerovaný dovnútra Slnka oveľa rýchlejšie ako môže byť vyžiarený z fotosféry. „Zablokovaný tepelný tok" môže byť uchovaný v Slnku počas státisícov rokov namiesto toho, aby sa vynoril hocikde na povrchu. Pozorovania naozaj naznačujú, že „jasné prstence" okolo škvrn sú slabé alebo nie sú vôbec, nepozorujeme ani „tepelné stemnenie" pred vynorením škvrny (pokles žiarenia nastáva tesne po vynorení magnetického poľa škvrny vo fotorsfére). Teplo chýbajúce v škvrnách je zachované ako mierne zvýšená vnútorná a potenciálna energia celej slnečnej konvektívnej obálky. Zmeny plochy škvrny, súvisiace s predpovedanými zmenami polomeru Slnka, sú nepozorovateľne malé.

Slnko má teda obdivuhodnú schopnosť skôr akumulovať fluktuácie v toku tepla vo fotosfére ako ich rýchlo vyžiariť. Časová škála pre žiarivú rovnováhu slnečnej konvektívnej zóny (čas, za ktorý by sa vyžiarilo teplo akumulované takýmto mechanizmom v konvektívnej zóne) je 100 000 rokov. Preto možno pedpokladať, že ani zvýšené žiarenie jasných magnetických štruktúr ani miera stmavnutia škvrn nie sú kompenzované merateľnými zmenami v teplote fotosféry kdekoľvek na disku. Slnečnú konvektívnu obálku možno teda chápať ako „tepelný supravodič" s obrovskou tepelnou zotrvačnosťou.

Iné mechanizmy zmien žiarivosti

Bolo použitých mnoho pozorovacích techník na hľadanie ďalších, možno aj dosť odlišných mechanizmov variácií slnečnej žiarivosti. Niektoré modely predpovedajú variácie globálneho tepelného toku vynášaného veľkými konvektívnymi celami, presné fotometrické mapovanie fotosféry však takéto variácie nepotvrdilo. Boli zistené gradienty fotosférického tepelného toku s heliografickou šírkou, ale ďalšia analýza naznačuje, že sú skôr dôsledkom nehomogenít rozloženia siete ako vďaka hlbšie ležiacim konvektívnym štruktúram, ako sa pôvodne predpokladalo. Merania určitých teplotne citlivých spektrálnych čiar od roku 1978 naznačujú aj pomalý nárast fotosférickej efektívnej teploty mimo magnetických štruktúr, ale amplitúda je približne 0,01 % za desaťročie.

Heliometrickou a helioseizmickou analýzou údajov z prístroja Michelson Doppler Imager (MDI) na palube družice SOHO boli vykonané presné merania slnečného priemeru, ktoré by mohli poslúžiť ako diagnostika teplotných variácií vo vnútri Slnka. Tieto merania však nenaznačujú existenciu dlhodobého trendu, resp. zmeny s 11-ročným slnečným cyklom na úrovni niekoľkých tisícin oblúkovej sekundy (niekoľko km na Slnku). Ak by aj boli zistené variácie priemeru v rámci týchto hraníc, boli by dosť malé v porovnaní s variáciami TSI. Merania priemeru teda asi neposkytnú odhalenie hlbšie existujúcich zdrojov variácií žiarenia Slnka.

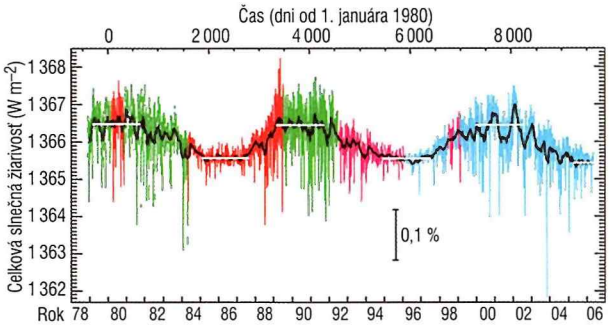
Niektoré merania žiarivosti v období maxima slnečných škvŕn sú interpretované ako dôkaz zvýšenej teploty siahajúcej hlboko do konvektívnej obálky. Následná expanzia obálky by však spôsobila pokles frekvencií globálnych oscilácií zvukových vĺn, pričom helioseizmické pozorovania ukazujú nárast frekvencií v čase maxima.

Možno teda povedať, že v súčasnosti nemožno nájsť významný dôkaz iných módov zmien žiarivosti ako tie, ktoré súvisia s pokrytím povrchu škvrnami spôsobenými magnetickými poliami. Výskumy iných hviezd potvrdzujú tieto závery, keďže aj v prípade hviezd podobných Slnku súvisí fotometrická variabilita vždy s úrovňou magnetickej aktivity.

Variácie TSI s periódou niekoľkých desaťročí a tisícročí

Ak predpokladáme, že len fotosférické magnetické štruktúry ovplyvňujú TSI, potom sa môžeme opýtať: aký je rozsah zmien TSI na základe priebehu slnečnej aktivity počas posledných storočí? Niektoré výskumy extrapolovali tento vzťah medzi aktivitou a TSI na úrovne aktivity nižšej ako tej, ktorú priamo pozorujeme na Slnku, na úrovne, kde neexistuje náznak ani najslabších fotosférických magnetických štruktúr. Na niektorých hviezdach podobných Slnku bola naozaj pozorovaná taká mimoriadne nízka aktivita. Takáto extrapolácia zaviedla nízkofrekvenčné variácie TSI s trojnásobnými amplitúdami ako je súčasná 11-ročná variácia vyplývajúca z pokrytia povrchu Slnka škvrnami a jasnou magnetickou zložkou. Tieto modely by mohli vysvetliť pozorované zmeny klímy na Zemi, ale neskôr sa ukázalo, že hviezdy, pre ktoré sa vykonali výskumy, neboli až tak Slnku podobné, ako sa pôvodne predpokladalo, a z modelov by navyše vyplývalo, že na začiatku 20. storočia by nemala byť prítomná magnetická sieť na Slnku. Archívne obrázky Slnka však ukazujú opak a tieto modely boli označené ako špekulatívne.

Menšia pozoronosť sa pri výskumoch venovala možnosti vysvetlenia väčších zmien žiarivosti v minulosti vyššou úrovňou slnečnej aktivity. Na Slnku sa fotometrický efekt jasných a tmavých magnetických zložiek čiastočne ruší. Pomer škvrn a fakulárnych oblastí sa podľa pozorovaní zvyšuje v období vyššej slnečnej aktivity. Nedávne rekonštrukcie slnečnej aktivity podľa záznamov množstva ^{14}C na Zemi nepotvrdili existenciu období veľmi vysokej aktivity (v porovnaní so súčasnými amplitúdami cyklov slnečnej aktivity) za posledných 10 000 rokov.



Obr. 1. **Časový vývoj celkového slnečného vyžarovania podľa meraní rádiometrov na niekoľkých družiciach od roku 1978. Denné zmeny (tenké farebné čiary), spôsobené meniacou sa plochou priemetov škvrn a fakúl na slnečný disk, vykazujú rozdiely do 0,3 %. TSI narastá v období maxima Wolfovho čísla (okolo rokov 1980, 1990 a 2001), ako to ukazuje zobrazenie 81-dňových kĺzavých priemerov (tučná čierna čiara), a tento vývoj naznačuje 11-ročnú variáciu s amplitúdou okolo 0,05 – 0,07 %. Vysokofrekvenčná zmena je spôsobená premenlivou premietnutou plochou škvrn a fakúl, keďže Slnko rotuje okolo vlastnej osi s periódou približne 27 dní. Amplitúdy zmien TSI v posledných troch slnečných cykloch (horizontálne čiary) sú 0,92, 0,89 a 0,90 Wm^{-2}, s priemerným minimom 1365.52 ±0,009 Wm^{-2}.**

Záznam klímy na Zemi a možné variácie TSI

Ďalší dôkaz variácií TSI v minulosti by mohol byť získaný z rekonštrukcií záznamov klímy na Zemi. Vzťah medzi zmenami TSI a klímou je však zložitý, značne ovplyvnený neistotami v citlivosti klímy na zmeny TSI, veľkou tepelnou zotrvačnosťou oceánov a neslnečnými zdrojmi zmien klímy, ako je napr. sopečná činnosť a ľudmi vytvárané faktory.

Rekonštrukcia priemernej teploty na severnej pologuli Zeme za posledných 1 000 rokov naznačuje postupné ochladzovanie približne do roku 1700 nasledované otepľovaním, ktoré sa urýchlilo v 20. storočí. Porovnanie s priebehom TSI, ktoré bolo rekonštruované spätne podľa množstva ^{10}Be na Zemi, ukázalo, že zmeny TSI nemajú natoľko významný vplyv na rekonštruovaný trend paleoteploty pri poklese do roku 1700 a tento vplyv je zanedbateľný za posledných 30 rokov. Výsledky týchto výskumov naznačujú, že by boli potrebné aspoň trojnásobne väčšie zmeny TSI na vysvetlenie variácií klímy v miere zodpovedajúcej ochladzovaniu do roku 1700. Treba však pripomenúť neistotu v rekonštrukcii paleoteploty, v rekonštrukcii priebehu TSI a v modelovaní príspevku sopečnej činnosti.

Ako bolo vysvetlené v predchádzajúcich častiach, v súčasnosti jediné obhájiteľné vysvetlenie zmien v TSI vyplýva z príspevku jasných a tmavých fotosférických magnetických štruktúr do zmien žiarivosti Slnka. Spoľahlivé merania plochy škvrn však máme k dispozícii len od začiatku 20. storočia.

Pre skoršie obdobie, od počiatkov teleskopického pozorovania disku Slnka začiatkom 17. storočia do začiatku 20. storočia, máme k dispozícii len Wolfovo číslo slnečných škvrn. Relatívny príspevok tmavých a jasných zložiek do TSI sa značne mení v jednotlivých slnečných cykloch, preto odhad úrovne TSI z Wolfovho čísla v danom cykle môže mať štatistickú chybu až 30 %. Početnosť škvrn však napriek tomu dáva zaujímavú informáciu o zmenách v TSI počas časových škál niekoľkých storočí (spätne do začiatku 17. storočia).

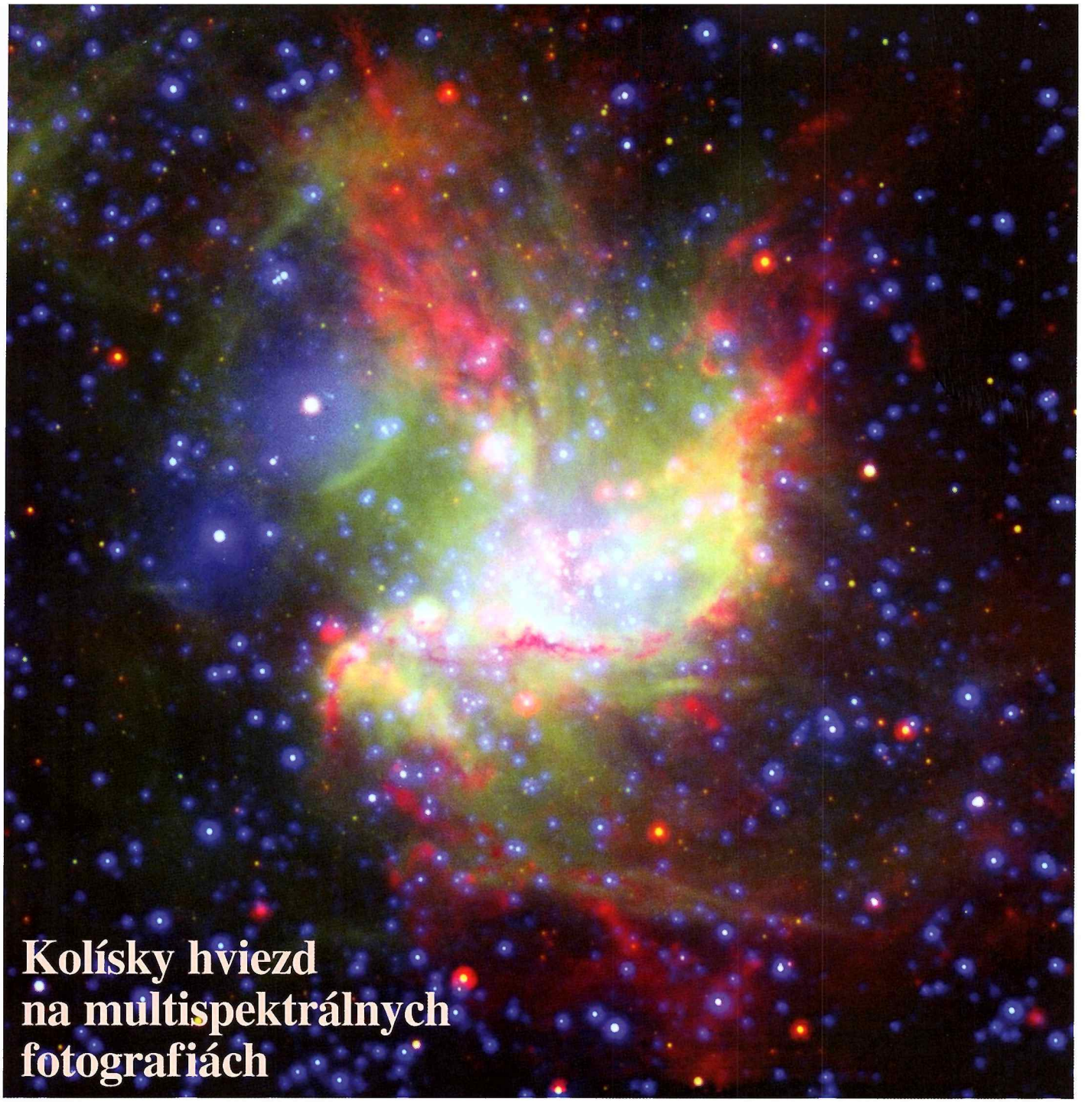
Použitie rádioizotopov ako náhrada na rekonštrukciu zmien TSI vnáša ďalšie nepresnosti. Rádioizotopy nie sú vytvárané v zemskej atmosfére priamo tokom energetických častíc zo Slnka, ale najmä vysokoenergetickými časticami galaktického kozmického žiarenia pochádzajúcimi z oblastí mimo Slnenčej sústavy. Ich modulácia so slnečným cyklom vyplýva len z odtienenia kozmického žiarenia heliosférou (slnečným vetrom) počas zvýšenej slnečnej aktivity, pričom účinnosť tohto tienenia závisí od tokov slnečnej plazmy z otvorených magnetických polí v pokojných oblastiach atmosféry Slnka a od konkrétnych javov ako napr. erupcie a výrony koronálnej hmoty. Toto tienenie síce narastá približne s úrovňou slnečnej aktivity, avšak nesúvisí so zmenami plochy tmavých a jasných magnetických štruktúr, ktoré spôsobujú zmeny v TSI. Je teda nerealistické očakávať presný a nemenný vzťah medzi zmenami v miere produkcie ^{10}Be a TSI počas obdobia 1 000 rokov.

Dôkaz vplyvu Slnka na klímu na Zemi bol nedávno rozšírený na časovú škálu niekoľkých tisícročí skúmaním korelácie medzi klimatickými podmienkami v severnom Atlantiku (stanovenými z vlastností sedimentov z dna oceánu) a slnečnou aktivitou (odvodenou z obsahu ^{10}Be a ^{14}C) za posledných 10 000 rokov. Nie je však k dispozícii mechanizmus, ktorý by vysvetľoval variácie žiarenia Slnka na časovej škále niekoľkých tisícročí.

Celkovo možno konštatovať, že zatiaľ nemôžeme nájsť dôkaz existencie zmien slnečného žiarenia s dostatočnou amplitúdou na vyvolanie významných zmien klímy na časových škálach storočí, tisícročí alebo miliónov rokov.

Nepriame prepojenie medzi Slnkom a klímou možno skúmať pomocou variability ultrafialového žiarenia Slnka a výronoch zmagnetizovanej plazmy z atmosféry Slnka. Tieto nepriame mechanizmy sú však príliš zložité a zahŕňajú interakcie medzi troposférou a stratosférou, či ešte vyššími vrstvami atmosféry Zeme. Niektoré nedávne rekonštrukcie napr. ukazujú, že časové rady ultrafialového žiarenia Slnka sa značne líšia od priebehu TSI od roku 1915 a vykazujú prekvapivo nízku koreláciu s celkovou teplotou na Zemi.

Skrátený preklad článku
P. Foukal, C. Fröhlich, H. Spruit a T. M. L. Wigley: Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate, *Nature* 443, 14. september 2006
Preložil: RNDr. Ivan Dorotovič, CSc.



Kolísky hviezd na multispektrálnych fotografiách

Trpasličia galaxia NGC 346 na fotografii vesmírneho ďalekohľadu Spitzer. Popis snímky v texte.

Veľké oblasti, kde prebieha búrlivá hviezdotvorba, sú vyhľadávaným cieľom stelárnikov. Študujú ich na rozličných vlnových dĺžkach. Veľkým prínosom sú najmä multispektrálne fotografie, ktoré vznikajú spracovaním optických, infračervených a röntgenových údajov zo satelitov Spitzer (NASA), SMM-Newton (ESA) a pozemského ďalekohľadu NTT/ESO v Chile.

Multispektrálna snímka NGC 346 názorne ukazuje možnosti tejto techniky. NGC 346 je najjasnejšou oblasťou v Malom Magellanovom oblaku. Prebieha tam búrlivá hviezdotvorba. NGC 346 je nepravidelná trpasličia galaxia, ktorá obieha okolo našej Galaxie. Momentálne je od nás vzdialená 210 000 svetelných rokov.

Skombinovaním údajov z rozličných vlnových dĺžok získali vedci prehľad, čo sa deje v jednotlivých oblastiach tejto minigalaxie. Ukázalo sa, že NGC 346, či sa to už týka jednotlivých typov hviezd, či ich genézy a evolúcie je neuveriteľne bohatým kozmickýcm trezorom.

Masívne hviezdy sa sústreďujú najmä v strede galaxie, malé sú rozptýlené všade. Masívne hviezdy a väčšina malých hviezd sa sformovali v rovnakom čase, ostatné malé hviezdy až neskoršie, v rámci procesu „vyvolaného formovania hviezd". Intenzívna radiácia z masívnych hviezd rozptyľuje prachoplynový oblak zo stredu galaxie. Vytláčaný plyn tvorí nárazovú vlnu, ktorá zahusťuje chladný prach a plyn v okolitom priestore. V týchto zhustkoch sa spontánne rodia mladé hviezdy. Červenooranžové vlákna okolo stredu zviditeľňujú miesta, kde je hviezdotvorba najintenzívnejšia.

Vedci na snímke však rozlíšili aj hviezdy, (ružová bublina na vrchu snímky), ktoré musel sformovať iný proces. Zistili, že hviezdotvorbu v NGC 346 spustil výbuch supernovy pred 50 000 rokmi. Navyše, ukázalo sa, že zhustky, v ktorých sa začali tvoriť mladé hviezdy, vznikli tak pôsobením hviezdnych vetrov zo susedných hviezd, ako aj intenzívnym žiarením. Suma sumárum, formovanie hviezd je oveľa zložitejší proces, ako sa vedci donedávna nazdávali. Ani dnes ešte nepoznáme všetky mechanizmy, ktoré formovanie hviezd umožňujú.

Na snímke vidíme aj modrú bublinu, modré halo vľavo, ktoré je pozostatkom po výbuchu supernovy. Po analýze sa zistilo, že bublina sa nachádza vo veľkej, rozpínajúcej sa plynovej obálke, ktorú formuje explózia i hviezdne vetry z blízkych hviezd.

Infračervené svetlo (červená farba) zviditeľnilo chladný plyn; viditeľné svetlo (zelená) označuje horúci plyn; röntgenové žiarenie (modrá farba) reprezentuje veľmi horúci plyn. Obyčajné hviezdy sú modré body s bielymi stredmi, mladé hviezdy, ešte zahalené v obálkach, sú červené body s bielou bodkou uprostred.

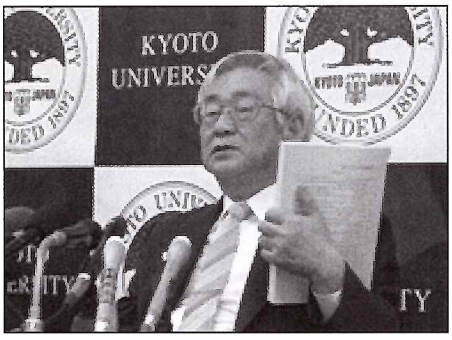
Jet Propulsion Laboratory Press Release

Svět symetrií v jaderné a částicové fyzice a Nobelova cena za fyziku v roce 2008

Loňská Nobelova cena za fyziku byla udělena třem fyzikům japonského původu. Yoichiro Nambu se narodil roku 1921 v Tokiu, ale v současnosti pracuje v Ústavu Enrica Fermiho v Chicagu. Dostal první část letošní Nobelovy ceny za „objev mechanismu spontánního narušení symetrie v subatomové fyzice". Druhou část ceny obdrželi společně fyzikové Makoto Kobajaši a Tošihide Maskawa za „objev narušení symetrie, které předpovídá, že v přírodě existují nejméně tři rodiny kvarků". Makoto Kobajaši se narodil v roce 1944 a nyní pracuje v laboratoři KEK v Tsukubě. Tošihide Maskawa se narodil v roce 1940 a pracuje v Yukawově ústavu teoretické fyziky v Kjotu. Nobelovský výbor tak ocenil obrovský význam, který symetrie a jejich narušení v subatomové fyzice mají. Jejich význam pro pochopení zákonitostí, jimiž se mikrosvět řídí, je klíčový. Symetrie mají například přímou souvislost se zákony zachování, které ve fyzice platí. Kdyby všude panovala dokonalá symetrie, byl by svět velice plochý a zmizela by většina jeho pestrosti. V makrosvětě pozorujeme spoustu případů narušení symetrie. Nemáme nikdy levou polovinu obličeje stejnou jako pravou, srdce je daleko častěji v levé půlce těla. I v mikrosvětě mají kromě symetrií obrovský význam i jejich narušení.

Objevy původem japonských fyziků se přímo váží k těm oblastem fyziky, kterým se intenzivně budou věnovat experimentální zařízení pracující na urychlovači LHC. Skoro bych si dovolil tvrdit, že není úplná náhoda, že toto ocenění přichází v době, kdy se urychlovač LHC spouští. Proto bych se chtěl v tomto článku věnovat symetriím a jejich narušením v subatomové fyzice v kontextu letošní Nobelovy ceny a pokusím se čtenářům osvětlit, proč považuje nobelovský výbor tyto dva objevy oceněných fyziků za tak klíčové. Zároveň bych se zaměřil i na současný stav spouštění urychlovače LHC a možnosti jeho experimentů při studiu popisovaných oblastí fyziky.

Yoichiro Nambu z Ústavu Enrica Fermiho v Chicagu při tiskové konferenci.



Tošihide Maskawa z Yukawova ústavu teoretické fyziky v Kjotu na tiskové konferenci.

Co znamená symetrie ve fyzice

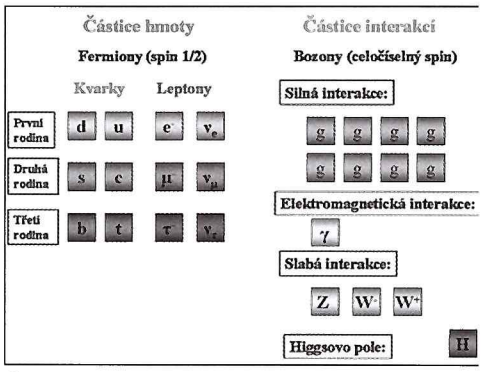
Symetrie znamená, že při změně (transformaci) některých vlastností jiné vlastnosti zůstanou nezměněné. Budeme-li například mít krajkový pás s pravidelně se opakujícím motivem, vzhled tohoto pásu se při posunu jeho (nebo posunu pozorovatele) o přesně danou vzdálenost nezmění. Budeme-li mít osově symetrické těleso, nezmění se jeho vzhled při otočeních o daný úhel okolo této osy. Vysokou symetrii má koule, která se nemění při libovolné rotaci.

Ve fyzice, kromě symetrií různých objektů (krystalů, molekul, atomů, atomových jader), jsou velmi důležité i symetrie týkající se fyzikálních zákonů. V tomto případě se zjišťuje, zda při změně některých veličin se nemění fyzikální zákonitosti, kterými lze popsat průběh fyzikálních procesů. Když například budeme studovat fyzikální jevy v různých časových okamžicích, budou je popisovat stejné fyzikální zákonitosti. Fyzika se tedy nemění s posunem na časové ose. Je stejná a fyzikální procesy probíhají stejně v minulosti, v přítomnosti i v budoucnosti. Totéž se stane, pokud přesuneme místo pozorování někam jinam. Pokud se jinak podmínky nezmění, jsou průběh fyzikálních procesů a fyzikální zákonitosti stejné. Nemění se po translaci v prostoru. Stejně tak tomu bude, jestliže náš systém souřadnic, pomocí něhož fyzikální procesy popisujeme, pootočíme.

Velmi důležitý poznatek, který se vztahuje k symetriím ve fyzice, byl učiněn v roce 1915 německou matematičkou Amalií Emmy Noetherovou. Týká se toho, že každá symetrie vede k zákonu zachování určité fyzikální veličiny. Stejně tak každý zákon zachování ve fyzice je důsledkem příslušné symetrie. Jestliže se vrátíme k symetriím, které jsme si popisovali v předchozím odstavci, tak symetrie fyzikálních zákonitostí vůči posunu v čase je spojena se zákonem zachování energie, důsledkem symetrie vůči translaci v prostoru je zákon zachování hybnosti a důsledkem symetrie vůči rotaci v prostoru pak zákon zachování momentu hybnosti.

Základní prvky standardního modelu hmoty a interakcí

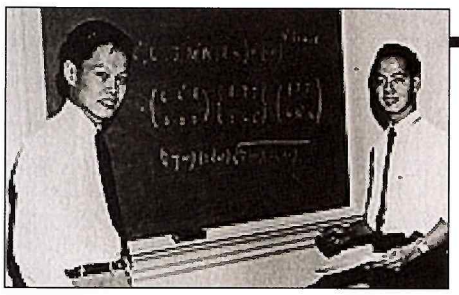
Než se začneme podrobně věnovat některým vybraným symetriím, zopakoval bych základní prvky standardního modelu hmoty a interakcí, který je současnou teorií popisující strukturu hmoty. Standardní model obsahuje částice hmoty, které jsou fermiony. Existují dva typy těchto částic. Leptony, které neinteragují silnou interakcí, a kvarky, které silnou interakcí interagují. Máme tři nabité leptony (elektron, mion a tauon) a tři neutrální leptony – neutrina. Kvarků je šest a v našem světě je můžeme pozorovat pouze jako uvězněné v hadronech. Existují hadrony dvou typů: baryony, složené ze tří kvarků (například proton a neutron), a mezony složené z kvarku a antikvarku (v dalším povídání budeme často mluvit o mezonech pí a podivných mezonech K). Nabitý lepton, neutrino a dva kvarky tvoří jednu rodinu, dohromady tak máme tři rodiny kvarků a leptonů. Mezi těmito částicemi působí tři interakce – silná, elektromagnetická a slabá (působení gravitace je v mikrosvětě zanedbatelné). Působení interakcí je zprostředkováno výměnou částic, které se označují jako intermediální bosony. Tato výměna probíhá mezi částicemi, které mají příslušný náboj dané interakce. U silné interakce jsou tímto nábojem tři různé „barvy" a intermediálními bosony je osmice gluonů. U elektromagnetické interakce je nábojem kladný nebo záporný elektrický náboj a výměnnou částicí je foton. U slabé interakce jsou intermediální bosony tři – W^+, W^- a Z. Poslední částicí standardního modelu je Higgsův boson. Jeho existence nebyla zatím experimentálně potvrzena a v dalším výkladu se mu budeme věnovat podrobněji.



Částice standardního modelu.

Zrcadlová P-symetrie

Velmi důležitou symetrií je symetrie zrcadlová. Pokud platí, nemění se průběh fyzikálních procesů a fyzikální zákonitosti při změně znaménka souřadnicových os. Pokud se tedy jako Alenka přesuneme do světa v zrcadle (nebo za zrcadlem), nedokážeme jej rozeznat od našeho. Jak jsem se už zmínil, testují fyzici každou symetrii při každém proniknutí do nové oblasti. Při studiu zákonitostí mikrosvěta spojených s vlastnostmi jader a částic většina fyziků předpokládala, že se zrcadlová symetrie zachovává. Proto bylo velkým překvapením první narušení této symetrie pozorované v rozpadu beta radioaktivního jádra kobaltu 60. Při něm



Mladí fyzikové čínského původu T. D. Lee a Ch. N. Yang (nalevo) vysvětlují pozorování rozpadu částic později označených jako mezony K pomocí předpokladu narušení C-symetrie.

vzniká elektron, který z jádra vyletuje. V experimentu se pozorovala pravděpodobnost výletu elektronu v závislosti na úhlu mezi směrem výletu elektronu a směrem momentu hybnosti jádra (označuje se jako spin), Se spinem jádra velice úzce souvisí i jeho magnetický moment. Jádro, které má nenulový spin, má i magnetický moment a jeho orientace je stejná jako orientace spinu. Jádro si tak můžeme představit jako malou magnetku. Tu můžeme pomocí magnetického pole zorientovat do přesně definovaného směru. Budeme-li mít soubor orientovaných jader kobaltu 60, můžeme změřit zmiňované úhlové rozdělení výletů elektronů při rozpadu tohoto jádra. A přesně to udělala americká fyzička čínského původu Chien-Shiung Wu s kolegy v letech 1956–57 a zjistila asymetrie v tomto rozdělení, které svědčily o nezachování zrcadlové symetrie v mikrosvětě.

Je důležité se zmínit, že experiment provedla na základě doporučení dvojice mladých amerických teoretických fyziků také čínského původu Tsung Dao Leeho a Chen Ning Yanga. Ti provedli detailní rozbor stavu prokazování platnosti zrcadlové symetrie v mikrosvětě a ukázali, že zatímco pro silnou a elektromagnetickou interakci byla platnost této symetrie prokázána, pro slabou interakci byla v té době možnost narušení této symetrie stále otevřená. Navrhli pak experimenty, které by mohly zachování zrcadlové symetrie ve slabých interakcích ověřit. Tsung Dao Lee se s návrhem experimentu obrátil právě na paní Wu. Je zajímavé, že narušení zrcadlové symetrie se pozorovalo již dříve v rozpadu mezonů K. Přesvědčení o platnosti zrcadlové symetrie však bylo zafixováno tak silně, že se tato pozorování považovala za důsledek experimentální chyby nebo se hledala jiná interpretace pozorovaného jevu. Důležitost objevu a jeho ohlas ve fyzikální komunitě lze dokumentovat i na tom, že T. D. Lee a Ch. N. Yang dostali Nobelovu cenu téměř okamžitě v roce 1957. Je to jeden z mála případů, kdy byli přesně v duchu původního záměru Alfréda Nobela oceněni mladí vědci těsně po svém objevu. Trošku ostudou je, že se Nobelova cena ani později nedostala na paní Chien-Shiung Wu.

Narušení zrcadlové symetrie v případě rozpadu kobaltu 60 je velmi malé. V mikrosvětě však existují i procesy, kde je tato asymetrie stoprocentní. Při rozpadu beta doprovází vznik elektronu i další částice neutrino. V tomto případě přesněji antineutrino. Hmotnost neutrina a antineutrina je velmi nepatrná a jeho rychlost se jen nepatrně liší od rychlosti světla. Zároveň má tato částice svůj vnitřní moment hybnosti označovaný jako spin. Tento spin je stejný jako u elektronu a protonu a může mít jen dvě orientace vůči směru pohybu neutrina. Buď ve směru pohybu a pak se jedná o pravotočivé neutrino nebo proti směru pohybu a pak jde o levotočivé neutrino. Lze si to trochu představit jako pravotočivý nebo levotočivý šroub. Pokud by panovala v našem světě zrcadlová symetrie, pak by v našem světě existovala ve stejném počtu pravotočivá i levotočivá neutrina. Stejně tak levotočivá i pravotočivá antineutrina. Ovšem tak tomu není, existují v něm pouze levotočivá neutrina a pravotočivá antineutrina. Pokud bychom se s Alenkou dostali do světa za zrcadlem, tak tam by tomu bylo naopak. Levotočivé neutrino by se změnilo na pravotočivé a pravotočivé antineutrino na levotočivé. Existovala by tam pak pravotočivá neutrina a levotočivá antineutrina. Svět za zrcadlem by byl lehce odlišitelný od našeho. Jen bych zdůraznil, že toto odlišení je možné v případě, že máme jistotu, že svět za zrcadlem je také z hmoty a dokážeme třeba pomocí chování protonu v magnetickém poli definovat jednoznačně pravotočivý a levotočivý systém.

Zmíníme se ještě o jednom procesu, kde se nezachovává zrcadlová symetrie. Jak už bylo zmíněno, narušení v tomto procesu bylo pozorováno ještě před experimentem paní Wu, ale nebylo pochopeno. Jedná se o rozpad nabitých mezonů K. Poznatky získané jeho popisem se nám budou hodit v dalším výkladu. Každá částice v mikrosvětě má vlastnost (fyzikální veličinu), která se nazývá paritou. Ta popisuje, co se stane s částicí (jak se změní vlnová funkce, která ji popisuje) při zrcadlení. Zákon zachování parity je důsledkem právě existence zrcadlové symetrie. Pokud se parita ve fyzikálních procesech zachovává (bude stejná před a po reakci) platí zrcadlová symetrie. Pokud budeme pozorovat reakci, kde se parita po reakci liší od té před reakcí, máme jasný důkaz narušení zrcadlové symetrie. A právě taková situace nastává při rozpadu nabitých mezonů K. Mezony K i mezony pí mají zápornou paritu. Nabitý mezon K se kromě jiných rozpadů může rozpadat na tři nabité mezony. V tomto případě je parita systému před rozpadem a po něm záporná. Další možností, kterou pozorujeme, je rozpad nabitého mezonu K na jeden nabitý a jeden neutrální mezon pí. V tomto případě máme na počátku zápornou paritu mezonu K, ale na konci má systém složený ze dvou mezonů pí celkově kladnou paritu. Parita se tedy nezachovává.[1]

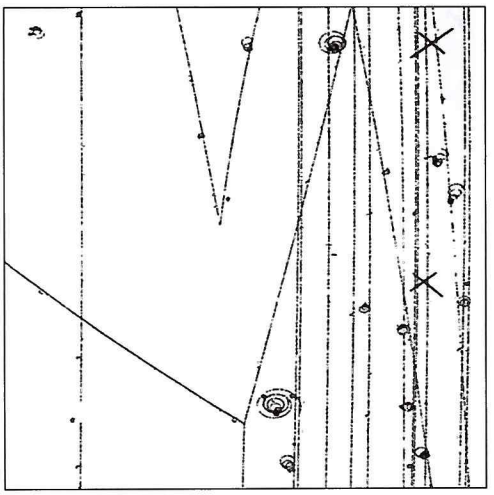
Nábojová C-symetrie

Po pozorování narušení P-symetrie fyzici předpokládali, že se narušuje i tzv. C-symetrie. V tomto případě se částice při našem procesu zamění za antičástice a antičástice za částice. V případě platnosti C-symetrie by měly být všechny procesy ve světě jader a částic po takové záměně shodné. Svět by se nelišil od antisvěta. Zatím nelze připravit antikobalt a studovat jeho rozpad se vznikem pozitronu a pravděpodobnost jeho výletu v závislosti na jeho směru vůči orientaci spinu. Ovšem antineutrina můžeme pozorovat a podívat se, jestli se v případě neutrin a antineutrin C-symetrie zachovává. Čtenář, který pozorně četl předchozí odstavec, už odpověď zná. V našem světě máme neutrino levotočivé. Pokud ho změníme na antineutrino, dostaneme levotočivé antineutrino. A to už je situace, která odlišuje náš svět a antisvět a narušuje C-symetrii. Mimochodem, zde je návod jak se vyhnout konci v anihilačním výbuchu při polibku s půvabnou mimozemšťankou (mužným mimozemšťanem pro sladší polovinu populace), když by pocházela z antihmotného světa. Funguje to ovšem jen v případě, že dokážete definovat vaši levou a pravou stranu. Tedy pokud jsou vaše koráby na dohled a na vystrčeném transparentu se svým obrazem označíte, kde máte pravou ruku. Pak stačí poprosit, aby se mimozemšťané podívali do svých fyzikálních učebnic, zda se při rozpadu jejich neutrálního nukleonu produkuje levotočivá nebo pravotočivá neutrální částice. Taková blízkost korábů už však může být nebezpečná. Pokud nemůžete ukázat přímo zrcadlově asymetrický artefakt s vyznačením vámi definované pravé strany, je tu možnost, že mimozemšťané definují kladný a záporný náboj i levou a pravou stranu opačně než vy a budete nahraní. V našich úvahách o odlišení mimozemšťanů z antisvěta se tak dostáváme ke kombinované CP-symetrii.

Předtím ale ještě musím učinit poznámku, abyste mě nebrali úplně doslova. Potřebná blízkost korábů pro ukázání své fotografie a pravé ruky je nadsázkou. Příslušným artefaktem, pomocí kterého definujeme pravotočivost a levotočivost, může být i poloha a pohyb planet ve Sluneční soustavě. Ke stejnému účelu může posloužit i Galaxie nebo Místní skupina galaxií. Jsou artefakty, které můžeme poslat pro potřebnou definici i mimozemšťanům z antihmoty bez toho, abychom je ohrozili anihilací. Jsou to například zmiňovaná neutrina (antineutrina). Vysílání pomocí svazků neutrin se díky své obrovské pronikavosti dokonce pro mezihvězdné komunikace uvažuje. Nebo lze vysílat kruhově polarizované elektromagnetické vlnění.

Kombinovaná CP-symetrie

Narušení zrcadlové P-symetrie a C-symetrie působí v opačných směrech a vzájemně se kompenzují. Můžeme si to pěkně ukázat zase na příkladu neutrin a antineutrin. Jestliže levotočivé neutrino zobrazíme v zrcadle a zároveň je změníme na antičástici, dostaneme pravotočivé antineutrino. Pokud provedeme stejné operace s pravotočivým antineutrinem, dostaneme levotočivé neutrino. To je pak situace nerozeznatelná od situace v našem světě. Pokud bychom se tedy dostali s Alenkou do antisvěta za zrcadlem, nedokázali bychom jej na základě fyzikálních procesů rozeznat od našeho. Pochopitelně by se i naše Alenka musela změnit na zrcadlovou anti-Alenku. Aby nám neanihilovala a nebyla také tím zmiňovaným artefaktem, který nese informaci o původní definici pravé strany (tu pihu má Alenka v našem světě



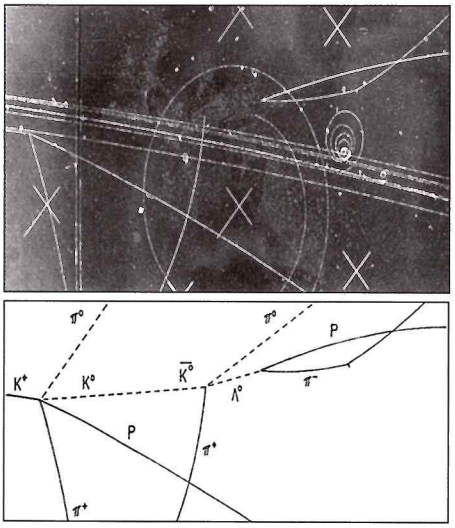
Vznik a rozpad částice K^0 na dva mezony pí zachycený v bublinové komoře.

napravo). Ani mimozemšťané nám tak v tomto případě pomocí popisu fyzikálních procesů u nich nejsou schopni sdělit, zda jsou z hmoty nebo antihmoty. Fyzikální procesy v zrcadlovém antisvětě by byly totožné s procesy v našem světě a my nejsme schopni určit, jaká je jejich definice pravé a levé (tedy jakou souřadnicovou soustavu používají).

To vše by platilo v případě, že se zachovává tato kombinovaná CP-symetrie. A opravdu se v téměř všech případech narušení P-symetrie kompenzuje stejně velkým narušením C-symetrie s opačným znaménkem. Podstatné je ovšem slůvko téměř. Existuje proces a velmi dlouho byl jediným, který tuto kombinovanou CP-symetrii narušuje a umožňuje rozeznat náš svět od antisvěta i na dálku. Tímto procesem je rozpad neutrálních podivných mezonů K^0. Což jsou částice velice podivné a nejen podle názvu. Zároveň se s nimi dostáváme přímo k objevu M. Kobajašiho a T. Maskawi.

Mezony K^0

Nabité mezony K byly pravděpodobně pozorovány v kosmickém záření už v roce 1943, ale spolehlivě byl jejich objev doložen i s objevem neutrálních K^0 mezonů v roce 1953. Mezony K^0 jsou velice exotické částice, u kterých se projevují téměř veškeré podivnosti kvantového světa. Neutrální mezon a antimezon K^0 se liší pouze v opačné hodnotě fyzikální veličiny, která se označuje jako podivnost. Tato fyzikální veličina byla zavedena, aby popsala rozpor mezi vznikem a rozpadem tzv. podivných částic (mezonů K a dalších). Ty totiž vznikají ve srážkách s velkou pravděpodobností, takže je jasné, že za touto produkcí je silná interakce. Navíc se vždy produkují ve dvojicích. Naopak jejich rozpad probíhá relativně velice pomalu (v řádu desetin nanosekundy). Musí tedy probíhat pomocí slabé interakce a ne silné, i když jde o rozpady na hadrony (tedy silně interagující částice). Vysvětlit se to dá existencí podivnosti, nové fyzikální veličiny, která se zachovává v silných a nezachovává ve slabých interakcích. V silných interakcích tak mohou vznikat páry podivných částic s celkovým součtem podivnosti nulovým. Jednotlivé podivné částice se však na částice bez podivnosti mohou rozpadat pouze slabou interakcí.



Pozorování oscilace mezi stavy K^0 a anti-K^0. Zleva se při srážce s jádrem kvark anti-s převede z mezonu K^+ do mezonu K^0. Během jeho letu se kvark anti-s přemění na kvark s a K^0 se přemění na mezon anti-K^0. V další srážce s jádrem se kvark s převede do částice Λ^0. Obě srážky probíhají silnou interakcí a podivnost se v nich zachovává. Nezachování podivnosti se projevuje jen během letu mezonu K^0. (Zdroj Graham Thomson 1971)

Neutrální mezon K^0 tak není totožný se svou antičásticí, jako je tomu u neutrálního mezonu pí. Mezon K^0 se liší od anti-K^0 už zmíněnou hodnotou podivnosti. Slabá interakce nemusí zachovávat podivnost a protože ve všech ostatních parametrech je K^0 mezon stejný se svým antihmotným protějškem, umožňuje z času na čas přeměnu mezonu K^0 na antimezon K^0 a naopak. V kvantové fyzice je kromě čistých stavů umožněna existence stavů smíchaných z různých čistých stavů, které mají stejné hodnoty striktně se zachovávajících fyzikálních veličin. Podivnost se ve slabých interakcích nezachovává a tak pozorujeme míchání stavů K^0 a anti-K^0. Vede to například k tomu, že když postavíme experiment tak, že se bude v reakcích silnou interakcí produkovat svazek pouze mezonů K^0, bude možné detekovat v reakcích se silnou interakcí v tomto svazku i mezony anti-K^0. Poměr mezi nimi závisí i na vzdálenosti místa detekce a místa produkce a pozorujeme tak oscilace stavů K^0 a anti-K^0.

Z tohoto míchání mezonu a antimezonu K^0 vznikají dva nové stavy K^0, které se rozpadají slabou interakcí různým způsobem. Jeden z nich žije téměř tisíckrát déle než druhý. Ten s delší dobou života se označuje jako K_L a ten s kratší jako K_S. První z nich má zápornou vlastní hodnotu CP a druhý má tuto hodnotu kladnou. Hodnota CP je dána průběhem míchání mezonu a antimezonu K^0 v nových stavech K_L a K_S. Mezon K_L se tak rozpadá na tři mezony pí (hodnota CP systému je také záporná) a mezon K_S se rozpadá na dva mezony pí (CP je kladné). Ovšem u toho prvního byla v roce 1964 pozorována i příměs (i když velmi malá) rozpadu na dva mezony pí. Tento rozpad pak porušuje CP-symetrii. Vlastní hodnota CP se mění ze záporné na kladnou. Experiment byl proveden v Brookhavenu a využilo se toho, že po určitém čase se díky obrovskému rozdílu v době života už všechny K_S mezony rozpadly a zůstávají pouze K_L mezony. Pozorované rozpady na dvojici mezonů pí je tak možno přiřadit déle žijícím mezonům. Protagonisté experimentu James Cronin a Val Fitch získali za experimentální objev narušení CP symetrie Nobelovu cenu v roce 1980.

Narušení CP-symetrie v rozpadech mezonů K_L znamená, že je v něm různá příměs mezonu a antimezonu K^0. Mezon a antimezon tak nemají rovnocenné postavení a pomocí experimentů s mezony K^0 a fyziky, která je popisuje, lze jednoznačně odlišit částice a antičástice a definici pravé a levé. To je také návod, jak zjistit zda komunikujeme s mimozemšťany z hmoty nebo z antihmoty. Pokud porovnáme příslušné partie fyziky popisující produkci, interakci a rozpad K^0 mezonů, případně popis příslušných experimentů, můžeme získat v této otázce jistotu.

Obrovský význam tohoto pozorování je dán i tím, že v každém relativistickém modelu kvantové teorie pole se musí zachovávat kombinace CP a obrácení toku času T (T-symetrie). Toto zachování kombinované CPT-symetrie pro teorie, které jsou invariantní vůči Lorentzově transformaci, je obsahem slavného „CPT teorému", který formuloval a dokázal W. Pauli v roce 1957. Pokud se tedy při popisu fundamentálních interakcí spolehneme na kvantovou teorii pole a experimentální data přitom ukazují narušení CP-symetrie, lze to také interpretovat jako nepřímý důkaz narušení symetrie vůči obrácení toku času T. Odhalení (numericky nepatrného) efektu nezachování kombinované CP-symetrie v rozpadech neutrálních mezonů K tak znamenalo konec představy o symetrii vůči inverzi času jako samozřejmé součásti základních přírodních zákonů.

Dalším aspektem, který přitahuje pozornost fyziků k této oblasti bádání, je spojen s nutností vysvětlení vzniku přebytku hmoty nad antihmotou ve velmi ranných stádiích vývoje vesmíru. Pokud by se ten velmi malý přebytek hmoty[2] nad antihmotou nevytvořil, veškerá hmota a antihmota by během počátečního vývoje vesmíru anihilovala a vesmír by nyní vyplňovalo pouze reliktní záření. Již v roce 1967 Andrej Sacharov zjistil, že jednou ze tří nutných podmínek vzniku přebytku hmoty nad antihmotou je právě nezachování CP-symetrie.[3]

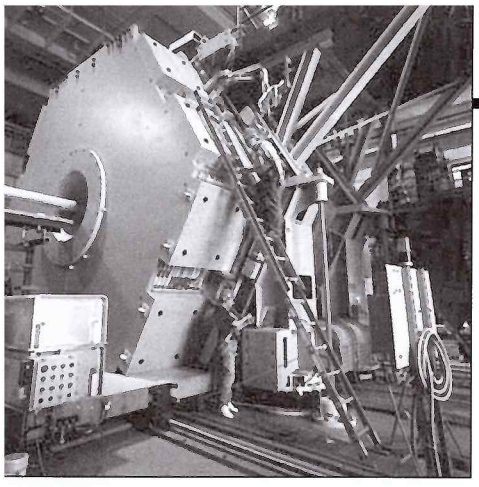
Vysvětlení pomocí míchání kvarků

Pozorované narušení CP-symetrie bylo potřeba vysvětlit v rámci v té době budovaného standardního modelu obsahujícího i kvarkový model popisu hadronů. V tomto modelu je mezon K^0 tvořen kvarkem **d** a antikvarkem **s**. Antimezon K^0 pak antikvarkem **d** a kvarkem **s**. A právě o to se pokusili v té době mladí fyzikové z Univerzity v Kjótu Makoto Kobajaši a Tošihide Maskawa. Oscilace mezi mezonem K^0 a anti-K^0 vysvětlili oscilacemi mezi kvarky a antikvarky **d** a **s**. K tomu, aby se jim podařilo popsat průběh procesů nezachovávajících CP-symetrii však potřebovali přimíchat i stavy s dalšími kvarky. Správný popis dostali pomocí matice 3×3, která popisuje míchání různých kvarků. Matice se nyní označuje jako CKM matice – Cabibbo-Kobayashi-Maskawa. Zajímavé bylo, že matice, kterou vytvořili, potřebovala pro vysvětlení pozorovaného narušení více kvarků než byly tři v té době známé. Předpověděli tak existenci nejméně tří rodin kvarků, tedy šestice kvarků.

Makoto Kobajaši z laboratoře KEK v Tsukubě. Tisková konference v souvislosti s obdržením Nobelovy ceny. (Zdroj Reuters)

Z počátku nebyla tomuto faktu věnována přílišná pozornost, ale objev čtvrtého kvarku **c** a hlavně pátého **b**, plně potvrdil předpovědi modelu Kobajašiho a Maskawi. Poslední kvark **t** byl objeven v roce 1994. Proto je také ve zdůvodnění Nobelovy ceny uvedena předpověď další rodiny kvarků jako jeden z klíčových momentů práce obou fyziků.

Dnes víme, že rodiny kvarků a leptonů jsou právě tři. Tento poznatek je založen na velice přesném měření doby života Z bozonu. Ten se rozpadá také na neutrino a antineutrino. Pokud máme tři různá neutrina, existují tři takové možnosti rozpa-

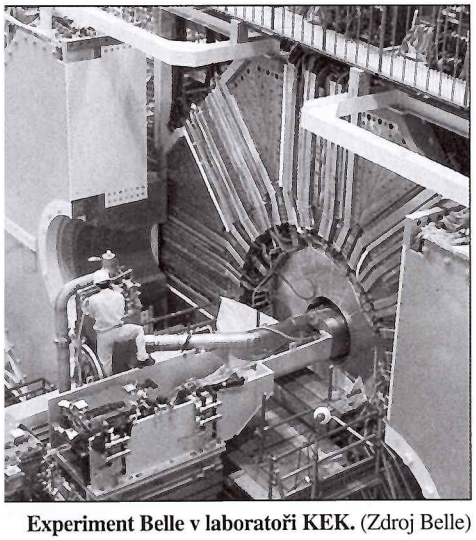


Obrázek detektoru BaBar (zdroj BaBar).

du bosonu Z. Pokud by existoval další druh neutrina, byla by další možnost rozpadu tohoto bosonu a úměrně kratší doba jeho života. Měření této doby života ukazuje, že existují pouze tři neutrina a tedy i pouze tři rodiny kvarků a leptonů.

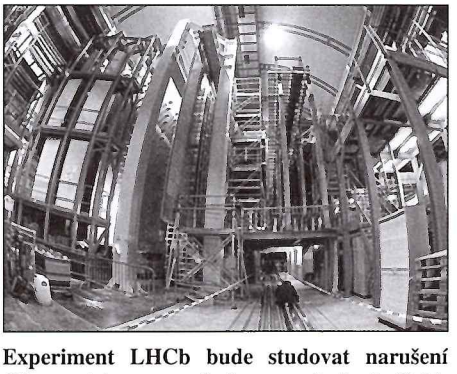
Mohla by vzniknout otázka, proč si myslíme, že počet rodin neutrin je stejný jako počet rodin kvarků. Pro symetrii mezi základními fermiony, jinak řečeno pro rovnost mezi počtem kvarků a leptonů celkově i v jednotlivých rodinách, existuje hlubší fyzikální důvod. Tímto důvodem je vnitřní konzistence výpočtů založených na teorii elektroslabé interakce. Jde o velmi delikátní efekt některých přesně daných diagramů, které ve výpočtech figurují (tento efekt se nazývá ABJ anomálie – podle fyziků Adlera, Bella a Jackiwa). Existence těchto anomálií ohrožuje vnitřní konzistenci teorie elektroslabé interakce při poruchovém výpočtu. Aby tyto anomálie v teorii nebyly, musí se příspěvky jistých diagramů leptonových a kvarkových vzájemně rušit. Proto musí platit v každé rodině, že součet nábojů všech fermionů v ní musí být nulový. Jen je třeba připomenout pro ty, kteří si to zkusí zkontrolovat, že náboje kvarků se musí počítat třikrát, protože máme tři různé „barvy" u kvarků.

Mezony obsahující těžký kvark **b** pak umožnily ještě přesnější testování narušení CP-symetrie a tohoto modelu. Pro neutrální mezony, které obsahují zmíněný druhý nejtěžší kvark **b**, bylo totiž pomocí CKM matice předpovězeno ještě větší narušení CP-symetrie. Proto byla velká snaha postavit velké urychlovače, které by se specializovaly na produkci mezonů B. Nakonec byly postaveny dvě takové továrny na hromadnou produkci těchto mezonů. Jedna s názvem BaBar je ve Stanfordu na urychlovači SLAC a druhá s názvem Belle právě na pracovišti jednoho z nobelistů v laboratoři KEK. Na nich se podařilo velice přesně měřit jemné narušení CP-symetrie, které plně odpovídá předpovědím modelu M. Kobajašiho a T. Maskawi oceněného Nobelovou cenou. Největší narušení, okolo 13%, bylo pozorováno v roce 2004 při srovnávání počtu rozpadů B^0 mezonů na K^- a π^+ s počtem rozpadů na K^+ a π^-.



Experiment Belle v laboratoři KEK. (Zdroj Belle)

Ještě větší množství mezonů s těžkým kvarkem **b** bude produkovat ve svých srážkách urychlovač LHC. Na studium těchto mezonů a tím i na přesné měření narušení CP-symetrie se bude zaměřovat hlavně experiment LHCb na tomto urychlovači. Toto studium nebude jen dalším přesnějším testováním teorie M. Kobayashiho a T. Maskawi, ale má klíčový význam pro pochopení rozdílu mezi hmotou a antihmotou. Zatím pozorované narušení CP-symetrie velice přesně odpovídá předpovědím této součásti standardního modelu. Je však příliš malé na vysvětlení pozorovaného přebytku hmoty nad antihmotou ve vesmíru. Toto vysvětlení na nás čeká za standardním modelem. A experiment LHCb by mohl pozorovat i příznaky této nové fyziky při velmi vysokých energiích. Jde o velmi důležitý krok, vždyť jen díky tomuto přebytku mohly vzniknout galaxie, hvězdy, planety i my.



Experiment LHCb bude studovat narušení CP-symetrie v rozpadech mezonů obsahujících druhý nejtěžší kvark b a jeho antikvark.

Kde se bere hmotnost základních částic standardního modelu?

Jak už jsme zopakovali v úvodu, zahrnuje standardní model všechny známé částice a tři ze známých interakcí. Proč ale jsou tyto interakce tak různé? Proč se tak drasticky liší hmotnosti částic? Liší se u částic hmoty, kde máme neutrina s pranepatrnou hmotností a nejtěžší kvark t s hmotností téměř dvěstěkrát větší než je hmotnost protonu. Různé jsou i u částic interakcí, kde má foton klidovou hmotnost nulovou a jeho obézní bratříček boson Z má hmotnost více než devadesátkrát větší než proton. V současnosti se předpokládá, že za tím stojí konkrétní spontánní narušení symetrie, které se označuje jako Higgsův mechanismus. Toto spontánní narušení porušilo původní symetrie interakcí a způsobilo rozrůznění hmotnosti částic. A právě letos oceněný fyzik Yorichiro Nambu poprvé v roce 1960 zavedl spontánní narušení symetrie do fyziky elementárních částic.

Spontánní narušení symetrie

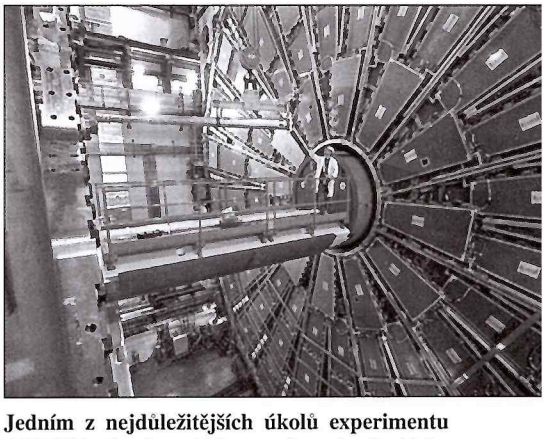
Spontánní narušení symetrie probíhá v případě, že se určitá symetrie zachovává v nějakém energetickém stavu a při přechodu do energeticky nejnižšího stavu, vakua, tato symetrie již neplatí

Skotský fyzik Peter Higgs, který navázal na práce Yoichira Nambu, propracoval uplatnění spontánního narušení symetrie v podobě Higgsova mechanismu a předpověděl existenci Higgsových částic, se byl podívat i na experiment CMS, který bude higgse lovit.

(narušuje se). Je třeba připomenout, že fyzikální vakuum je sice stav s nejnižší energií, ovšem nejedná se o prázdnotu. Naopak se jedná o komplikovaný fyzikální objekt vyplněný stále vznikajícími a zanikajícími virtuálními částicemi spojenými s existencí různých fyzikálních polí.[4] Vakuum je sice energeticky nejnižší stav, ale nemusí být stavem s největší symetrií.

Dobrou makroskopickou analogií spontánního narušení symetrie může být rotující setrvačník (káča) pohybující se po stole, který zachovává směr osy rotace. Ten vypadá při pohledu z boku ze všech stran stejně. V okamžiku, kdy se zastaví a spadne, je tato symetrie (stejnost) porušena.

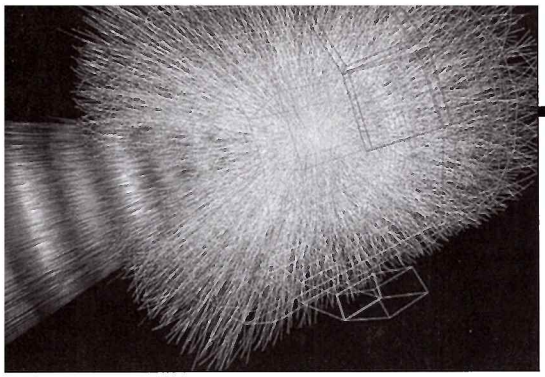
V současnosti je koncepce spontánního narušení symetrie ve fyzice standardního modelu velice široce využívána a po náležitém „vypilování" se stala důležitou součástí jak popisu elektroslabých interakcí, tak i popisu interakcí silných.



Jedním z nejdůležitějších úkolů experimentu ATLAS bude ulovení higgse nebo vyloučení jeho existence.

Higgsův mechanismus

Spontánní narušení symetrie Higgsova pole v elektroslabých interakcích, ke kterému došlo při velmi ranném vývoji vesmíru, kdy jeho teplota klesla pod určitou hodnotu, způsobila nenulovou hmotnost základních částic. Higgsovo pole vyplňuje vesmír. Zatímco Z bosony začaly velice intenzivně interagovat s tímto Higgsovým polem a jejich hmotnost prudce vzrostla, fotony s Higgsovým polem i po narušení jeho symetrie neinteragují a jejich klidová hmotnost zůstala nulovou. Higgsovo pole by mělo být spojeno s existencí jednoho nebo více druhů částic – higgsů.[5]

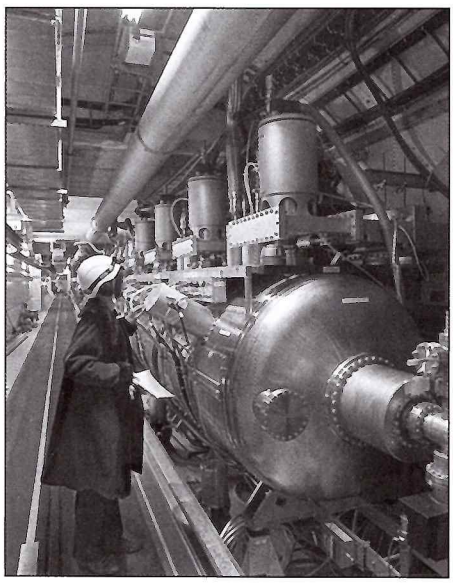


Simulace srážky jader olova pozorované pomocí experimentu ALICE. Zde se budou hledat příznaky restaurování narušené chirální symetrie při velmi vysokých hustotách energie.

Hledání higgse, této poslední nenalezené částice standardního modelu, je také jedním z hlavních úkolů dvou největších experimentů ATLAS a CMS na urychlovači LHC.

Narušení chirální symetrie

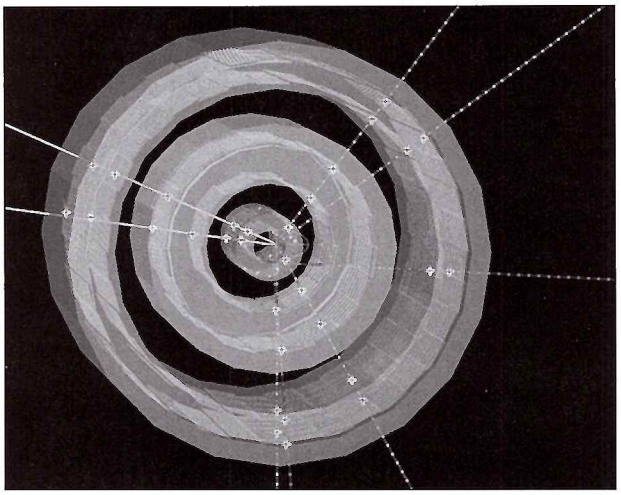
Dalším příkladem využití spontánního narušení symetrie v subatomové fyzice je její využití v kvantové chromodynamice – teorii popisující silnou interakci. V tomto případě jde zase o symetrii související se symetrií zrcadlovou a chováním silné interakce při záměně levotočivých kvarků za pravotočivé. Při velmi vysokých energiích by se měla chirální symetrie, která je v našich podmínkách porušená, znovu obnovovat. Spontánní narušení chirální symetrie vede s dalšími vlastnostmi silné interakce k vysoké hmotnosti hadronů. Zase tedy máme spojení mezi spontánním narušením symetrie a hmotností. Při velkých hustotách energie, kterých třeba můžeme dosáhnout ve srážkách těžkých jader s velmi vysokou energií, můžeme studovat změny vlastností hadronů uvnitř velmi horké a husté hmoty, které nastávají při obnovování chirální symetrie. Pokud je dosažená teplota dostatečně vysoká, mělo by dojít k úplnému restaurování této symetrie. Při následném rozpínání a ochlazování horké a husté oblasti dochází k jejímu opětnému narušení. Přitom by mohla vznikat taková exotika, jako je třeba dezorientovaný chirální kondenzát. Ale o tom a dalších zajímavých jevech, které chce při srážkách těžkých jader zkoumat experiment ALICE na LHC, až někdy příště.



Urychlovací trubice urychlovače LHC.

Jaká je situace na LHC

Několikrát jsem zde zmiňoval urychlovač LHC a jeho experimenty. Podrobně o jeho plánovaném přínosu pro naše poznání vývoje a stavby vesmíru jsem psal v časopise Kozmos 1 a 2/2007. Podívejme se na závěr, jaká je situace s jeho uváděním do provozu. Samotný urychlovač i jeho experimenty jsou v podstatě dokončeny. Zatím bylo vyzkoušeno vstřikování protonů z předurychlovačů do samotného urychlovače LHC. V něm se zatím netestovalo urychlování ale jen vedení svazku protonů s energií, kterou získaly v předchozích urychlovačích. Po velmi úspěšném prvním obíhání několika shluků protonů v obou směrech, které probíhalo 10. a 11. září 2008 a podařilo se obíhající svazek udržovat i téměř dvě hodiny, se objevily problémy. Není ani moc divu. Zařízení je obrovské, obvod urychlovače je 27 km. Řada jeho komponent a technologií je použita poprvé. Vždyť třeba v místech experimentů bude průměr svazku v řádu deseti mikrometrů. Supravodivé magnety, které svazek vedou a drží pohromadě, pracují při teplotě jen 1,9 K. To je teplota, která nejen stačí k nastolení supravodivosti, ale hélium je při ní i supratekuté. Porucha nastala při testech urychlování zatím bez svazku. Na propojení dvou takových supravodivých magnetů došlo ke zvýšení teploty, ztrátě supravodivosti a následnému zkratu a mechanickému poškození. Při něm uniklo do tunelu urychlovače zhruba pět tun hélia. Samotná oprava by neměla trvat příliš dlouho, ovšem bezpečné ohřátí supravodivých magnetů před opravou trvá zhruba měsíc a následné ochlazení po opravě přibližně stejnou dobu. Navíc laboratoř CERN v zimním období urychlovače neprovozuje. Urychlovač má spotřebu zhruba 120 MW a v energeticky náročném období roku se spotřeba energie v laboratoři snižuje. Toto období se využívá pro testy, opravy a údržbu zařízení. Další práce se svazkem na urychlovači LHC se tak chystá až na jaro příštího roku. Čas během nucené přestávky však nebude ztracený. Kromě opravy závady se chystá řada testů, vylepšování a přípravných prací. Jednotlivé experimenty provádějí kalibraci svých detekčních sestav pomocí mionů kosmického záření, které pronikají i tak hluboko pod zem. V současnosti se také otevřel přístup k experimentům v podzemí, takže se provádí dokončování některých detektorových sestav a jejich plánované vylepšování. Testuje se také koordinace mezi experimenty a urychlovačem a průběh sběru a analýzy dat.



První interakce protonů svazku detekovaná vnitřním dráhovým detektorem experimentu ALICE.

Závěr

Ve svém článku jsem se snažil dokumentovat obrovský význam symetrií a jejich narušení ve fyzice. Doufám, že jsem čtenáře přesvědčil, že rozhodnutí nobelovského výboru při udělování cen za fyziku v letošním roce bylo oprávněné. To, že to nebude poslední Nobelova cena v této oblasti, slibuje i obrovský záběr problémů se symetriemi spojených, které se budou zkoumat pomocí experimentů využívajících právě spouštěný urychlovač LHC. Nobelovský výbor si tak do jisté míry vyčistil stůl a připravil možnost pro ocenění dalších fyziků za objevy v této oblasti. Pokud třeba experimenty na LHC objeví higgse, mohl by být příštím nobelistou právě Peter Higgs. Symetrie stojí v základech nejen standardního modelu, ale je důležitou součástí hledání obecnějších teorií. Týká se to například supersymetrických teorií obsahujících supersymetrické částice, které se také budou hledat pomocí urychlovače LHC. V každém případě je jasné, že se můžeme těšit na řadu velmi zajímavých nových objevů.

VLADIMÍR WAGNER
Ústav jaderné fyziky AVČR Řež

---

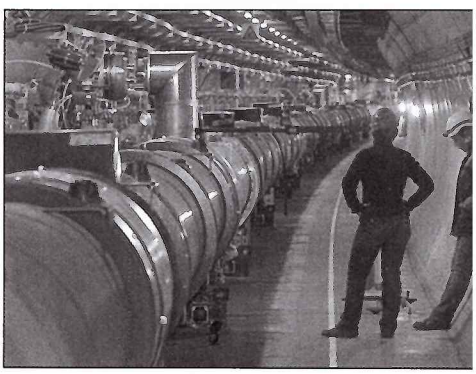
[1] Pro hloubavější čtenáře ještě podrobnější vysvětlení. Vnitřní parita P částice souvisí s chováním vlnové funkce, která ji popisuje při zrcadlení. Jestliže při zrcadlení vlnová funkce popisující částici změní znaménko, jedná se o paritu zápornou (lichou), P = –1. V případě, že se znaménko vlnové funkce nezmění, jedná se o paritu kladnou (sudou), P = +1. Celková parita systému složeného z více částic je dána součinem vnitřních parit těchto částic (platí to v případě, jestliže je vzájemný orbitální moment hybnosti nulový).

[2] Zhruba platí, že na miliardu částic antihmoty připadla miliarda plus jedna částice hmoty.

[3] Podrobnější rozbor vzniku přebytku hmoty nad antihmotou si můžete přečíst v časopise Kozmos 6/2000.

[4] Blíže o vakuu se můžete dočíst v článku v časopise Kozmos 1/2005.

[5] Podrobněji o dosavadním hledání higgse se lze dočíst v časopise Kozmos 2/2004.



Tunel urychlovače LHC. Před opětným spuštěním na jaře příštího roku je třeba opravit poškozené magnety.

HST získal snímku planéty pri hviezde Fomalhaut

To tu ešte nebolo: astronómom sa po prvýkrát podarilo odfotografovať exoplanétu vo viditeľnom svetle: Fomalhaut b sa objavil ako nepatrná bodka svetla, obiehajúca okolo blízkej jasnej hviezdy Fomalhaut. Hviezda, vzdialená od Zeme 25 svetlených rokov, je v súhvezdí Južná ryba. Okolo hviezdy obieha aj gigantický disk, široký 24 miliárd kilometrov. Fomalhaut b krúži okolo materskej hviezdy vo vzdialenosti 2,95 miliardy kilometrov. Vo vnútri ostro zrezaného okraja výrazného prstenca.

Prach okolo hviezdy Fomalhaut objavil už v roku 1980 infračervený satelit IRAS. Po tomto objave sa hviezda stala kandidátom na exoplanétu. V roku 2004 sa špeciálnej kamere na palube HST podarilo v systéme exponovať snímku veľkého, protoplanetárneho disku. Bola to prvá snímka takéhoto disku vo viditeľnom svetle.

Disk pripomína Kuiperov pás s výrazným prstencom materiálu, od prachu až po trpasličie planéty. V roku 2005 astronóm Paul Kalas z UC v Berkeley vyslovil dohad, že prstenec je možno formovaný gravitáciou planéty, ktorej dráha je medzi hviezdou a vnútorným okrajom prstenca. Planéta pasie častice v disku, podobne ako viaceré mesiačiky Saturna svoje prstence.

Snímka HST vo viditeľnom svetle tieto predpoklady potvrdila. Ide o jeden z najcennejších úlovkov HST, prinajmenšom čo do výkonu jeho prístrojov. Fomalhaut b má miliardkrát slabšie svetlo ako materská hviezda, ktorú zaclonil koronograf. Kalasov tím zahájil program hľadania exoplanéty už v roku 2001. Jej polohu a pohyb prezradil tvar prachového prstenca.

Planéta obieha okolo hviezdy Fomalhaut vo vzdialenosti 17 miliárd kilometrov, teda v 10-násobne väčšej vzdialenosti ako Zem naše Slnko.

Hmotnosť exoplanéty vyvodili z tvaru prstenca. Ak by bola oveľa masívnejšia, prstenec by sa už dávno rozpadol. Hmotnosť Fomalhaut b nepresahuje trojnásobok hmotnosti Jupitera.

Početné simulácie na počítači ukázali, že nielen prstenec, ale aj disk je formovaný gravitáciou najmenej jednej, ale možno aj viacerých planét. Bez gravitačného vplyvu planéty by vnútorný okraj prstenca nebol tak ostro zrezaný. Podobne sa prejavuje gravitácia Neptúna na vnútorný okraj Kuiperovho pása.

Exoplanéta je jasnejšia ako by sa očakávalo od objektu s hmotnosťou 3 J. Možno sa takto prejavuje vplyv veľkého ľadového prstenca, ktorý reflektuje svetlo hviezdy. V prstenci sa možno formujú aj mesiačiky. Šírka prstenca zodpovedá vzdialenosti od nášho Jupitera po dráhu najvzdialenejšieho z jeho štyroch veľkých mesiacov.

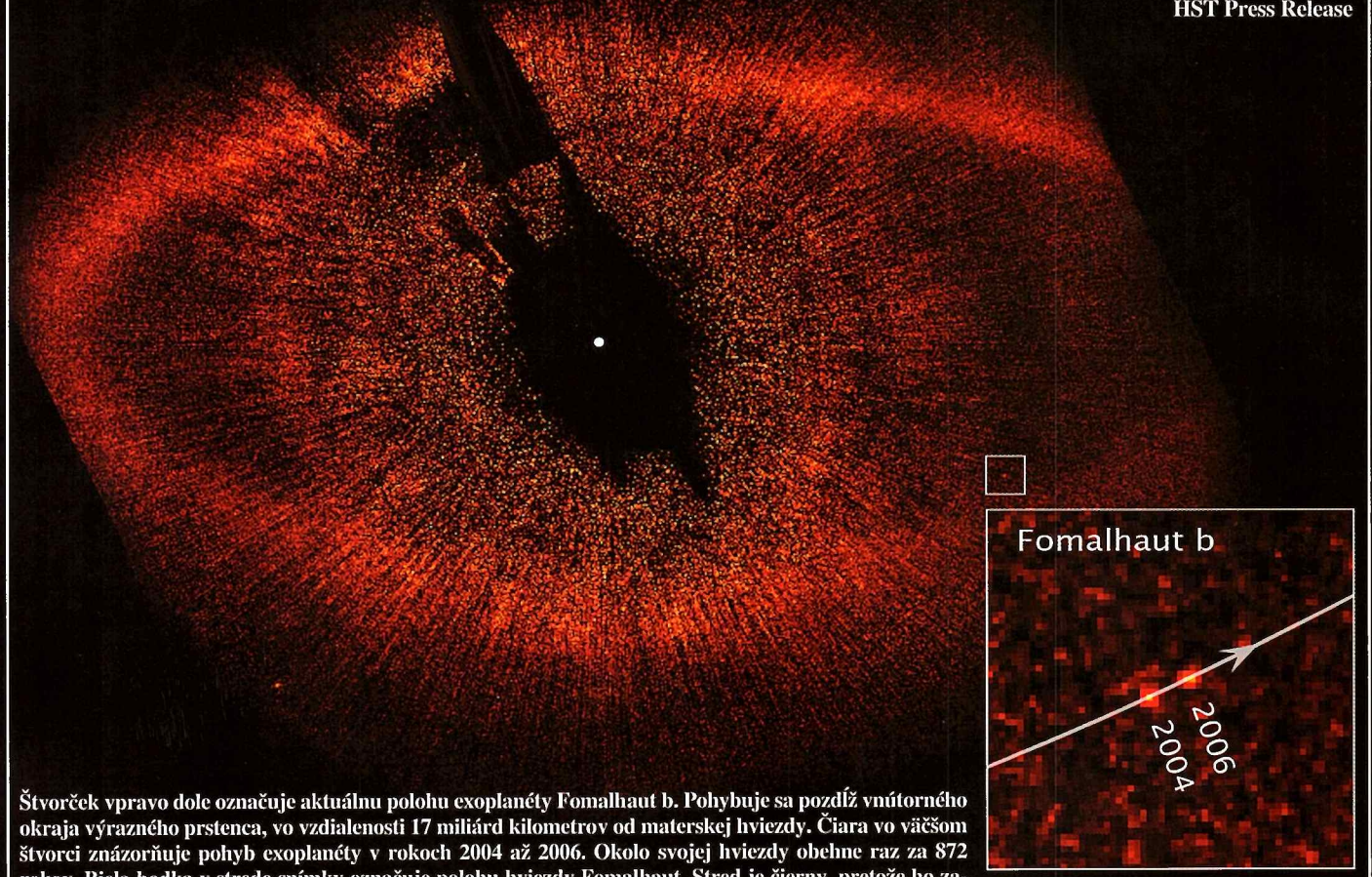
V mladej sústave Fomalhaut, by mladá planéta mala byť jasným objektom v infračervenej oblasti. Ani veľkým pozemským ďalekohľadom sa však zatiaľ nepodarilo na IR vlnách planétu detegovať. Aj to je nepriamym dôkazom, že nie je hmotnejšia. Väčšia planéta by bola horúcejšia a jasnejšia. Záhadou je, prečo svietivosť exoplanéty v rokoch 2004 až 2006 o pol magnitúdy pohasla. Vedci sa nazdávajú, že ju dočasne zahalil plyn vytláčaný hviezdnym vetrom materskej hviezdy.

Nie je jasné, či sa planéta sformovala tam, kde je, alebo sa tam premiestnila z vnútorných častí disku po početných gravitačných kolíziách s menšími objektmi. Podobne, ako Urán a Neptún v Slnečnej sústave.

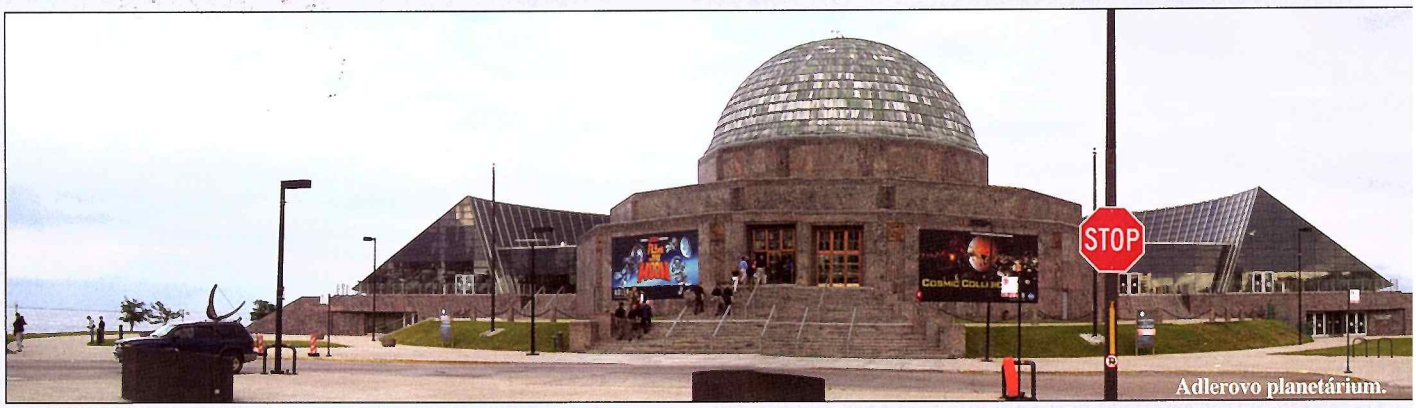
Fomalhaut je oveľa horúcejšia a 16-krát jasnejšia hviezda ako naše Slnko. To znamená, že „bod mrazu", oblasť v ktorej sa už ľady pod vplyvom tepla z hviezdy nevyparujú, začína vo vzdialenosti 2,9 miliardy kilometrov, čo je bezmála šesť krát ďalej ako v našej sústave. Tento údaj je dôležitý, pretože až za bodom mrazu sa môžu formovať planéty.

Hviezda Fomalhaut spaľuje toľko vodíka, že jej život potrvá asi miliardu rokov. (To je desatina životnosti Slnka.) Za taký krátky čas sa na nijakom telese v jej sústave nemôžu vyvinúť zložitejšie formy života. Napriek tomu bude systém Fomalhaut vďačným cieľom pozemských pozorovateľov. Vedci sa zamerajú najmä na detegovanie vody v atmosfére exoplanéty, starej sotva 100 miliónov rokov. (Naša Zem má najmenej 4,55 miliardy rokov.)

HST Press Release



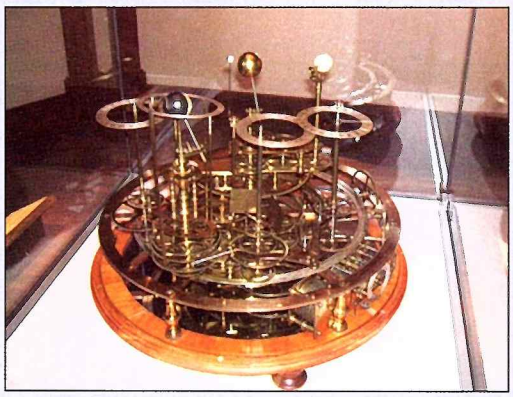
Štvorček vpravo dole označuje aktuálnu polohu exoplanéty Fomalhaut b. Pohybuje sa pozdĺž vnútorného okraja výrazného prstenca, vo vzdialenosti 17 miliárd kilometrov od materskej hviezdy. Čiara vo väčšom štvorci znázorňuje pohyb exoplanéty v rokoch 2004 až 2006. Okolo svojej hviezdy obehne raz za 872 rokov. Biela bodka v strede snímky označuje polohu hviezdy Fomalhaut. Stred je čierny, pretože ho zacláňa koronograf. Bez zaclonenia by sa exoplanéta, miliardkrát slabšia ako hviezda, nedala rozlíšiť.

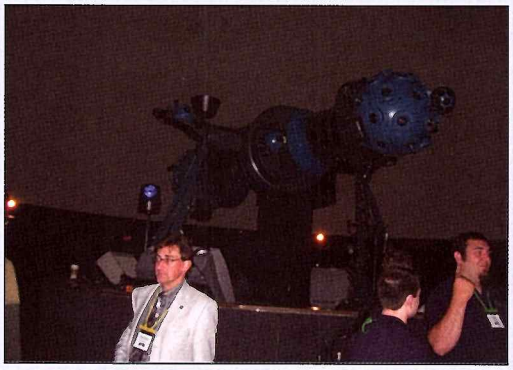


Adlerovo planetárium.

Je planetárium užitočné?

Atwoodova sféra.


Telúrium v expozícii venovanej modelom Slnečnej sústavy.


SkyMaster v hlavnej sále Adlerovho planetária.

Minulý rok, keď sme si pripomínali 85. výročie od testovacej prevádzky prvého planetária v priestoroch firmy Zeiss Jena a následne jeho inštalácie a prvého verejného programu 21. októbra 1923 v priestoroch múzea v Mníchove, sa konala 19. Konferencia IPS. Miesto bolo symbolické, nakoľko výber organizátora padol na Adlerovo Planetárium v Chicagu. Je to prvé planetárium postavené na západnej hemisfére. Začiatky jeho činnosti sa datujú do roku 1930, keď bolo dané do prevádzky prvé sériovo vyrábané planetárium „Zeiss model II".

Konferencia sa konala na prelome júna a júla 2008 v priestoroch kongresového centra McCormic Place a v priestoroch Adlerovho planetária, ktoré je súčasťou „Museum Campus", pozostávajúceho ešte z „Akvária" a „Field múzea".

Ústrednou témou konferencie boli otázky „Je planetárium užitočné?" a „Ako zabezpečiť užitočnosť planetária v budúcnosti". Na dané otázky neexistuje jednoznačná odpoveď, keďže technický vývoj posunul projekciu na kupolu do nových dimenzií prostredníctvom digitalizácie a „fulldome" digitálnych projektorov. Popri nich stále ostávajú aktívne aj klasické optomechanické projektory. Spôsob, akým reagovali účastníci na ústrednú tému, sa odvíjal práve od toho, aký typ projektora kto používa. Vďaka obrovským priestorom Adlerovho planetária, kde bola k dispozícii sála s optomechanickým planetáriom SkyMaster IV od Zeiss Jena, ďalšia sála s „fulldome" systémom Digidstar 3 a prednášková kinosála s 3D projekciou, mal každý tábor k dispozícii techniku, akú potreboval na podporu svojich argumentov.

Ústredný problém digitálnych projektorov je slabá kvalita premietaných hviezd a problém zobrazenia čiernej farby na plátne kupoly. Programy týchto planetárií dnes pripomínajú skôr dobrodružné filmy a svetelné show. Astronómia sa v mnohých prípadoch vytráca

Pohľad na Museum Campus z vtáčej perspektívy mrakodrapu Sears Tower.

a planetáriá a producenti sa začínajú orientovať na produkciu „fulldome" filmov, ktorých tematika začína byť na hony vzdialená od astronómie. Týmto spôsobom sa planetáriá dostávajú do zábavných centier a stávajú sa výsostne komerčnou záležitosťou. Digitalizácia prenikla aj do menších planetárií, kde ich použitie je trochu otázne, nakoľko v týchto planetáriách sa predpokladá väčší záujem o astronomické programy. Projekcia nočnej oblohy však stále nedosahuje v prípade lacnejších a cenovo „dostupných" projektorov ani úroveň obrazu optomechanických planetárií vyrábaných na báze fotografického filmu (Starlab, Cubex...). Ich výhodou je rýchla zmena pri zobrazovaní efektov, kvalitnejšia vizualizácia, ktorá ale v sebe nesie ďalšie ťažkosti a pri nesprávnom použití majú za následok dezinterpretáciu vysvetľovanej problematiky.

Jedným z riešení sú hybridné systémy, ktoré využívajú oba systémy, digitálny aj optomechanický. Tu je možné využiť výhody oboch, hviezdy sú tu zobrazené skutočne kvalitne a zároveň sa využívajú efekty digitalizácie. Vďaka pokroku v IT už nie je problém justáž projektorov, tá je urobená v priebehu niekoľkých minút. Cenovo sú ale podstatne náročnejšie, jednak na zaobstaranie, jednak na prevádzku.

V pretekoch o zobrazenie čiernej prostredníctvom dataprojektora, zdá sa, má hlavné slovo Zeiss Jena, kde technici predstavili novú generáciu projektora a čierna už vyzerala skutočne ako čierna a hranice obrazu z projektora v miestach, kde bola čierna, úplne zanikali. Bohužiaľ, v našich končinách asi tento typ projektora tak skoro v akcii neuvidíme z dôvodu enormnej ceny.

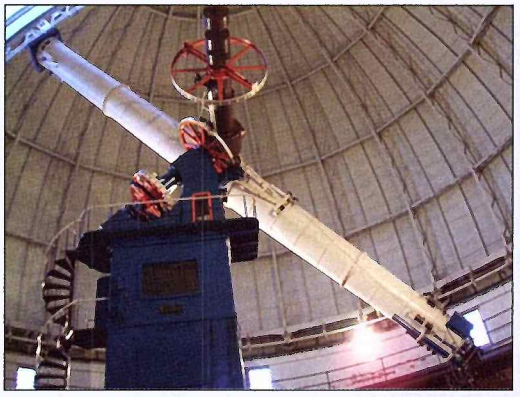
V oblasti klasických optomechanických planetárií pretrváva trend návratu ku koreňom a programy sú zamerané viac na astronómiu. Relaxačné programy sú brané ako príjemný doplnok špecializovaných programov.

Okrem odborných diskusií mali účastníci konferencie možnosť prehliadnuť si bohatý zbierkový fond múzea astronómie v Adlerovom planetáriu. Sú tam inštalované tri základné expozície, jedna zameraná na históriu planetária a modelov Slnečnej sústavy, ďalšia je zameraná na kozmonautiku a tretia je orientovaná priamo na astronómiu, astronomické pozorovania a výskum Slnečnej sústavy. Súčasťou výstavy je aj Atwoodova sféra skonštruovaná v roku 1913, predchodca planetária. Je to dutá kovová guľa s priemerom 4,5 metra, na ktorej sa nachádza 692 dier umiestnených podľa polôh hviezd. Tie prepúšťajú dovnútra svetlo a pre diváka vo vnútri vzniká dojem hviezdnej oblohy. Je stále v prevádzke, kapacitu má 8 ľudí. Vyše hodinové čakanie na rad však stálo za to. Bol to jedinečný pohľad na model hviezdnej oblohy z čias pred kodifikáciou dnes používaných súhvezdí.

Organizátori pripravili aj veľmi zaujímavý doplnkový program. Návštevu Fermilabu, amerického urýchľovača. Druhým bodom programu bola návšteva Yerkesovho observatória, kde je inštalovaný najväčší 102-centimetrový refraktor na svete. Obrovský prístroj s tubusom dlhým takmer 20 metrov. V súčasnosti je využívaný hlavne na popularizáciu. Účastníci mali umožnené pozorovať ním. Bohužiaľ, jeho veľkosť má za následok dosť nemotornú obsluhu, takže sme sa museli uspokojiť s pohľadom na jednu guľovú hviezdokopu. Ďalšie pozorovania sme absolvovali pri menších prístrojoch. Okrem toho sme mali možnosť vidieť rozostavaný infračervený ďalekohľad, ktorý bude umiestnený na lietadle a je vyrábaný v spolupráci s NASA.

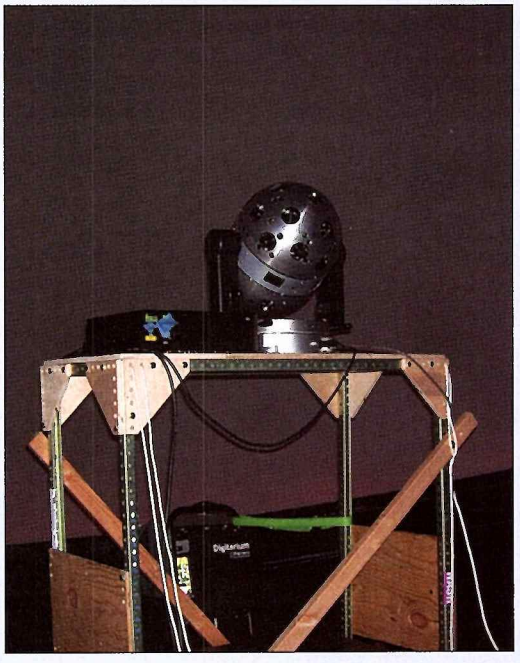
Konferencia sa zaradila medzi najväčšie konferencie IPS s počtom delegátov 575. Je obdivuhodné, ako dokázali organizátori zvládnuť tento počet delegátov s minimálnym množstvom prestojov a hluchých miest.

Text a foto MARIÁN VIDOVENEC



102 cm refraktor.

Ovládací pult najväčšieho refraktora na svete.



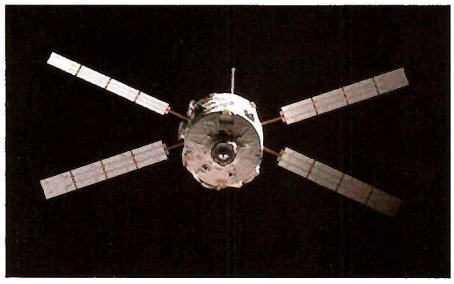
Projektor Megastar (dokáže premietať 22 mil, hviezd) v sále Digistar 3.

McCormic Place.

Yerkesovo observatórium.

Kosmonautika: přichází čas sólistů...

Zesinalé tváře a absolutní ticho v sále – to byl obrázek, jaký se naskytnul účastníkům přednášky nového ředitele Italské kosmické agentury (Agenzia Spatziale Italiana, ASI) Enrico Saggese, když na Mezinárodním astronautickém kongresu ve skotském Glasgow letos v září hovořil o změnách priorit italské kosmonautiky. Ač to vysloveně nezaznělo, zasvěceným bylo jasné, že Saggese právě vystavuje úmrtní list ambicióznímu programu ExoMars/Pasteur.



Budoucí vývoj evropské nákladní lodi ATV (poprvé otestována v roce 2008 pod názvem Jules Verne) bude lakmusovým papírkem spolupráce...

V začarovaném kruhu

ExoMars/Pasteur je projekt Evropské kosmické agentury (ESA), který počítá se startem automatické sondy v roce 2013. Ta by měla být po několikaměsíčním přeletu navedena na oběžnou dráhu Marsu. Po dalších několika měsících a intenzivním snímkování planety se od sondy oddělí přistávací modul, který má na povrch Marsu dopravit šestikolové 200 kg vážící vozidlo Pasteur. V jeho výbavě má být mj. vrták schopný proniknout až dva metry pod povrch. Mateřská sonda přitom bude dále zajišťovat přenos dat na oběžné dráze Marsu.

Problém je v tom, že podle původních propočtů měla být cena mise 650 mil. euro s tím, že Itálie přislíbila zaplatit necelých 300 mil. euro. Tedy necelou polovinu, což z ní učinilo největšího partnera projektu. Jenže... To ale bylo v roce 2005.

Revize a změny projektu (větší užitečné zařízení, odklad startu z roku 2011 o dva roky, doplnění programu o mateřskou retranslační sondu apod.) přitom ukazují, že rozpočet dosti výrazným způsobem „nabobtná" – na něco málo přes miliardu euro. V takovém případě je běžné, že se vedou nová jednání o struktuře rozpočtu. Přitom se s drobnými odchylkami ctí nepsané pravidlo, že navýšení rozpočtu reflektuje předchozí percentuální podíl jednotlivých zemí.

Enrico Saggese v Glasgow ale hovořil o tom, že Itálie se rozhodla změnit svoji kosmickou politiku. Že přednost před mezinárodními projekty dostanou projekty národní. A že bude příspěvek do programů ESA snížen ze současných ročních cca 370 mil. euro na 300 až 320 mil. euro. Vzkaz je tak jasný: těžko lze počítat s navýšením italské části rozpočtu na misi ExoMars za situace, kdy bude velkým problémem pokrytí současného závazku. Přitom italský příspěvek měl představovat skoro polovinu rozpočtu mise.

A aby to nebylo tak jednoduché, Itálie už dříve tento svůj příspěvek podmínila tím, že její firmy budou mít hlavní slovo v celém projektu. Tedy že hlavní dodavatel bude italský. Tato podmínka ovšem musí zůstat zachována i za teoretické možnosti, že ostatní partneři dokáží dát dohromady nyní chybějící peníze na ExoMars. Dostáváme se ale do začarovaného kruhu: proč by třeba Německo nebo Francie měly přidávat stamilióny euro na zakázku jdoucí primárně do italského průmyslu. Situace je tedy patová a sonda ExoMars už leží na popravčím špalku... O situaci by se mělo jednat koncem listopadu 2008 (tedy po uzávěrce tohoto vydání) na setkání ministrů členských zemí ESA v nizozemském Haagu.

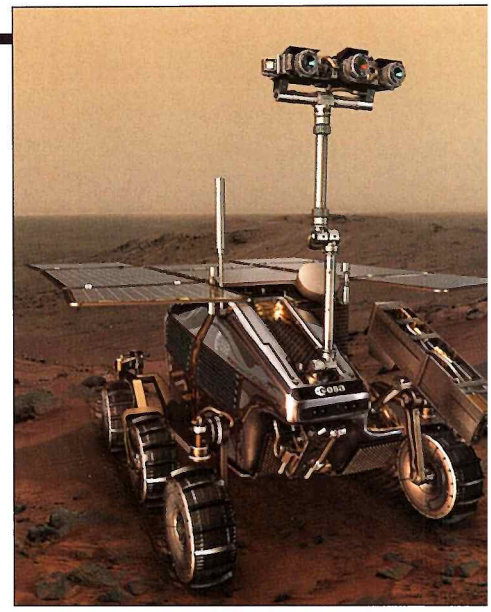
(Těsně před uzávěrkou tohoto Kozmosu bylo přijato rozhodnutí pokusit se ExoMars zachránit jiným způsobem: odkladem startu na rok 2016. Tím byl především získaný čas pro jednání o budoucnosti projektu.)

Nejen italské problémy

Výše popsaná situace sondy ExoMars bohužel v celé své nahotě ilustruje současný stav evropské a vlastně i světové kosmonautiky. Tím je čím dál větší neochota k ambiciózním projektům na mezinárodní úrovni a orientace k projektům národním.

Mezinárodní spolupráce by teoreticky měla být velmi výhodná. Umožňuje koncentrovat síly (finanční i technické) více partnerů. Umožňuje realizovat projekty, na které by jednotlivé země samotné nemusely dosáhnout. Nabízí využití těch nejlepších znalostí a zkušeností ze širší základny. Umožňuje provádět více projektů nebo realizovat ambiciózнější mise. Leč šedivá je teorie a zelený je strom života.

Praxe ukazuje, že logikou podepřené výše uvedené argumenty nemusí vždy fungovat. Silní partneři chtějí mít silnou pozici a chtějí mít vysoké rozhodovací pravomoci. Je to logické: pokud do nějakého projektu vkládám stamilióny eur nebo dolarů, tak mi na jeho podobě záleží.



Robot Pasteur evropské mise ExoMars se dočká startu nejdříve v roce 2016. Dočká-li se vůbec...

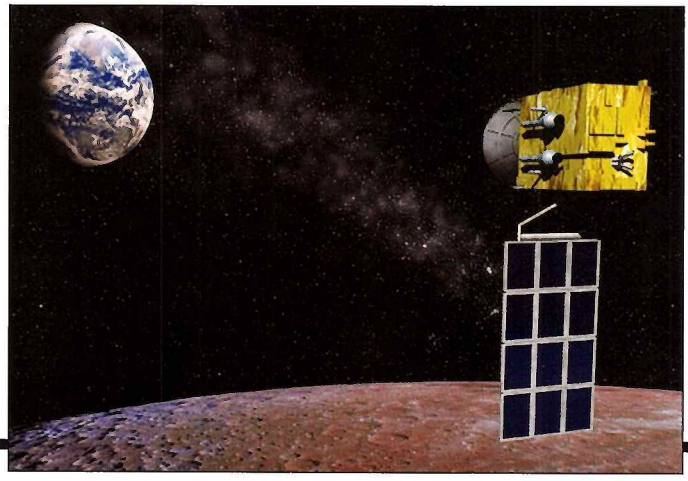
Dále je problém v rozdělování práce. Většinou je ctěný princip, že percentuální podíl v investici odráží percentuální podíl v získaných zakázkách. Takže pokud nějaká země vkládá do projektu deset procent, tak očekává i deset procent zakázek. A protože stejný poměr očekávají i všichni ostatní, tak je dělba prováděna na základě ekonomického klíče. Co na tom, že technické úrovni dané země by odpovídala zakázka ve výši pěti nebo dvaceti procent. Důsledek? Tato „ekonomická optimalizace" znamená, že mezinárodní projekty (mimo jiné i kvůli jazykovým, legislativním a dalším bariérám – ať neházeme vinu jen na finanční rozdělení) vycházejí o zhruba třicet procent dráže, než stejné projekty realizované na bázi národní!

Pak je tu nutné připočítat něco, co by se ve světle nejistoty kolem realizace mise ExoMars dalo nazvat „italským syndromem". Výpadek jednoho partnera totiž ohrožuje existenci celého projektu. Je tedy pochopitelné, že se zodpovědní manažeři do spolupráce příliš nehrnou, případný krach projektu (byť ne jejich vlastní vinou) by pochopitelně padal na jejich hlavu.

Na druhé straně musíme objektivně připustit, že právě mezinárodní spolupráce může projekty udržet při životě. Když se počátkem devadesátých let NASA rozhodovala, zdali zruší sondu CRAF nebo Cassini, tak prohrála první z nich. Důvodem byl silný mezinárodní podíl na Cassini (viz evropský modul Huygens), takže případné zrušení sondy by velmi narušilo vztahy NASA s mnoha dalšími agenturami.

Kosmické spolupráci dále sráží vaz její řekněme nezávaznost. Závazky jsou nevymahatelné a jejich případné nedodržování poškodí jen ostatní partnery, nikoliv

Návrh národní britské sondy MoonLITE pro průzkum Měsíce.



toho méně spolehlivého. Stačí se podívat na program Mezinárodní kosmické stanice, jejíž výstavba nabírá značné zpoždění. To je dáno souběhem různých faktorů (ať již ovlivnitelných či neovlivnitelných), ale je faktem je, že postiženi jsou vždy všichni partneři bez rozdílu.

A pak tu nesmíme zapomínat i na národní prestiž. Je rozdíl, když nějakého úspěchu dosáhne „evropská" sonda (byť ji ze dvou třetin platí třeba Německo) a když sonda, pod kterou je podepsána jedna konkrétní země. Ostatně, u nadnárodní sondy vznikají problémy s rozdělením vlastnických práv k technologiím a technikám (ať již nově objeveným či starším, ke kterým by se mohly dostat další země). Prostě: co je doma, to se počítá. Možná to zní až nacionalisticky, ale politika (která rozděluje peníze i pro mezinárodní projekty) se dělá na národní úrovni – a politici se na národní úrovni zodpovídají svým voličům.

Kromě prestiže se ovšem dělí i krachy: evropské kosmonautice je dodnes vyčítaný nezdar modulu Beagle-II. Přitom šlo o čistě britský experiment, který se „svezl" k Rudé planetě na palubě sondy ESA Mars Express, které ho ale mnoho komentátorů připisuje.

Kosmonautika na tržišti

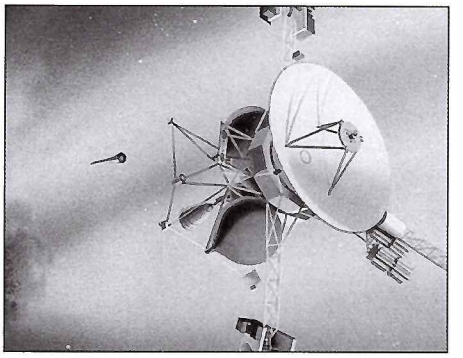
Zvláště evropské země se v případě mezinárodní spolupráce často chovají jako v bazaru a licitují o podmínkách. Velká Británie třeba nabídla financování patnácti procent sondy ExoMars – ovšem pod podmínkou, že ESA založí na jejím území své nové středisko. Což má několik háčků: patnáct procent nepokryje ani polovinu italského výpadku, dlouhodobá cena střediska je mnohem vyšší a navíc ESA žádné nové středisko v současnosti nepotřebuje.

Francie zase vyhrožuje, že pokud mezinárodní partneři nepomohou s financování překročeného rozpočtu oceánografické družice Jason-3, zredukuje svůj podíl na projektu Kopernikus (projekt Evropského společenství na harmonizaci pozorovacích systémů – jak kosmických, tak pozemních).

Ostatně, projekt Kopernikus je častým cílem nespokojenosti členských zemí ESA. Ta v něm má malý podíl, neb primárně jde o program Evropské unie. Takže tento je v konečném důsledku financovaný ze dvou zdrojů: z národních rozpočtů a z rozpočtů EU. Protože o přerozdělování peněz z Bruselu se rozhoduje hůře, mohou jednotlivé země ovlivňovat především výši svého příspěvku prostřednictvím ESA. A jeho navyšováním nebo snižováním jasně dávají najevo svoji (ne)spokojenost se strategickým či taktickým řízením projektu z Bruselu.

A tak Velká Británie slibuje, že svůj příspěvek do programu Kopernikus zvýší o 100 mil. euro v případě, že se nebudou stavět záložní (neletové exempláře družic). Přesně naopak, Německo hodlá zachovat svůj příspěvek na program Kopernikus ve výši 31 procent celkových nákladů pouze v situaci, kdy se záložní exempláře stavět budou...

Takto jsou spory i kolem budoucího vývoje evropské kosmické lodi ATV (první exemplář pod názvem Jules Verne letěl k Mezinárodní kosmické stanici v letošním roce). Itálie tvrdě prosazuje zahájení programu ATV-E (Evolution, Vývoj), tedy práci na nových verzích tohoto „kosmického náklaďáku". Dobře ví, že nepokračování vývoje



Meziplanetární sonda CRAF, která byla zrušena ve prospěch sondy Cassini – díky mezinárodní spolupráci.

by ohrozilo její továrnu v Turíně, která v minulosti vyrobila různé moduly pro Mezinárodní kosmickou stanici – ale která by do pěti let mohla zůstat bez práce...

Na samostatných cestách

Pokud jdou cestou samostatných národních programů nově probuzené kosmické velmoci jako je Čína či Indie, je to celkem pochopitelné. Pokud nemají hrát druhé housle, musí disponovat vlastní rozvinout technologií – až pak je bude brát někdo vážně. Dokud pouze nakupovaly hardware, byly odběrateli. Pokud ale jsou schopné fungovat samostatně, stávají se partnery.

Navíc si na rozdíl od minulých let mohou něco podobného dovolit. Jejich hrubý národní produkt roste v posledních letech rekordním tempem, takže kromě aplikované kosmonautiky (družice pro dálkový průzkum, vojenské projekty, komunikační a navigační satelity...) se mohou orientovat též na základní výzkum (vědecké pokusy, astronomie, meziplanetární lety...), kde ekonomický přínos není okamžitý, ale je z dlouhodobého hlediska je vyšší.

Jenže v poslední době „soukromničí" i mnohé evropské země. Nejprve v březnu 2007 představilo Německo svoji zvažovanou misi Silbermann. Mnoho informací nezveřejnilo – podrobnosti slibuje na rok 2008. Ví se jen, že cena bude zhruba 300 mil. euro, se startem se počítá v roce 2013 a cílem bude podrobné mapování povrchu.

Na tuto výpravu by Německo rádo navázalo sondou v roce 2018, která by se měla věnovat

Na indické sondě Chandrayaan-1 se podílejí vědci z celého světa.

odběru vzorků hornin a jejich návratu do pozemských laboratoří. Tu už by ale měla být realizována coby celoevropská pod záštitou ESA – nicméně pod technickým a technologickým vedením Německa, které si první výpravou Silbermann buduje co nejlepší vyjednávací pozici (což může být také jednou z příčin odklonu od mezinárodní spolupráce: nejprve dokázat, že pro něco má dotyčná země předpoklady, pak vyjednávat z pozice silnějšího a zkušenějšího).

Velká Británie jen o několik měsíců po Německu přišla s konceptem dvojice vlastních lunárních sond. První se nazývá MoonRaker, přičemž by měla přistát na povrchu, analyzovat okolní regolit a pátrat po stopách vody, Druhá je MoonLITE, což by měla být orbitální družice se čtveřicí penetrátorů. Jeden má být vysazený v oblasti rovníku, druhý v oblasti pólu, třetí na odvrácené straně Měsíce, čtvrtý bude sloužit jako rezerva. Každý penetrátor má vážit 13,5 kg a po dopadu rychlostí 300 m/sec se zaboří zhruba dva metry hluboko. Británie se tyto mise snaží prosadit s tím, že technologie penetrátorů by později mohla být použita i v jiných končinách sluneční soustavy (např. na jupiterově měsíci Europa). Cena každé mise by měla být 50 až 100 mil. liber každá. Tento projekt sice – oproti německému – nemá oporu ve vládě či parlamentu, nicméně na pováženou je fakt, že podobné národní aktivity začínají vznikat častěji než nadnárodní.

Ještě jinou cestou jde ambiciózní Francie, která začala hledat partnery mimo Evropu. S NASA připravuje společnou meziplanetární sondu, která by měla kolem roku 2018 odebrat vzorky hornin z Marsu a vrátit se s nimi zpět na Zemi. S Ruskem zase nedávno podepsala dohodu o společném vývoji vícenásobně použitelné kabiny pro dopravu nákladů do vesmíru. Nejedná se o kosmickou loď (alespoň ne oficiálně a prozatím), ale o zařízení pro přepravu nákladů. I když, kdo ví, třeba jednoho dne...

Postoj Francie je také – bohužel – pochopitelný. Proč by se měla trápit nekonečným vyjednáváním s několika malými partnery, kteří navíc mohou projekt různě ovlivňovat, když je mnohem jednodušší tento „balíček" partnerů nahradit jedním silným. Ekonomický efekt je stejný, jednání jsou jednodušší.

Spolupráce, ale jinak

Pravdou ale na druhé straně také je, že se skoro nikdo nebrání mezinárodní spolupráci. I na čistě indické sondě k Měsíci Chandrayaan-1 (start v říjnu 2008) najdete přístroje třeba i z Bulharska (konkrétně jde o přesný monitor kosmické radiace). ESA zase pomáhala zajišťovat komunikaci s čínskou měsíční sondou Chang'e.

Mění se tak spíše model spolupráce. Jednotlivé země dávají přednost projektům, nad kterými mají větší kontrolu. A naopak: nechtějí vstupovat do projektů, nad kterými by dostatečnou kontrolu neměly. Což je pochopitelně scénář pouze pro ty, kdo si něco podobného může dovolit.

Důsledek výše uvedeného? Nadnárodní spolupráce vznikla nejen kvůli principu výhodnosti, ale také vzájemné solidarity. Té ale bohužel dnešní situace příliš nepřeje, takže pro menší hráče se může začít uzavírat přístup k větším projektům. Silní se, naopak, mohou stát ještě silnějšími.

TOMÁŠ PŘIBYL

Foto ESA a archiv autora

Slnečná aktivita

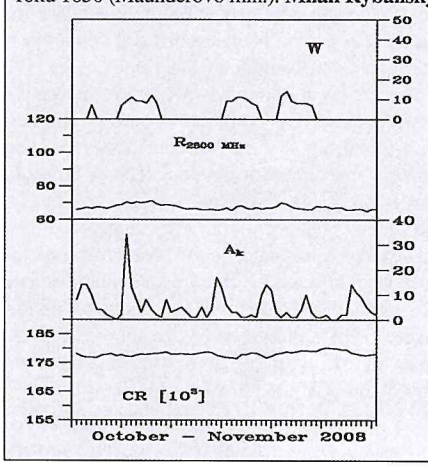
október – november 2008

Slnečná aktivita je neustále na veľmi nízkej úrovni. Zatiaľ (do konca roku 2008), sa nový 24. cyklus neprejavuje. Aspoň pokiaľ ide o výskyt škvŕn. Tým chcem povedať, že slnečná aktivita sa aj bez škvŕn prejavuje vo výskyte protuberancií, CME (angl. skratka pre výrony koronálnej hmoty do medziplanetárneho priestoru) a aj v existencii koronálnych lúčov, ktoré svedčia o sústredení slabších magnetických polí do určitých oblastí.

Pred desiatimi rokmi sme v sérii článkov uvažovali o problémoch slnečnej fyziky a možných cestách na ich riešenie. Jedným zo základných problémov bol a dodnes ostal problém *cyklu slnečnej aktivity*, ktorého riešenie by vyžadovalo vysvetliť *príčiny vzniku* prejavov aktivity (škvrn, protuberancií a pod.), *časový vývoj* ich mohutnosti, alebo počtu a ich *cyklické opakovanie*. Podľa môjho názoru sme sa v riešení za posledných 30 – 40 rokov takmer nepohli. Svedčí o tom veľmi nízka prognostická úroveň priebehu cyklu. Dr. Obridko a spol. zozbieral okolo 50 publikovaných predpovedí priebehu 24. cyklu a tieto sú veľmi rozdielne. Maximum cyklu sa predpovedá v rozsahu rokov 2009 – 2014 s úrovňou maximálneho Wolfovho čísla 80 – 160. Minimum medzi cyklami 23 a 24 sa predpovedá iba v niektorých z týchto odhadov, a to na roky 2007 (čo už bolo) až 2009. Všetky predpovede sú založené na štatistických vývodoch z doterajšieho priebehu Wofovho čísla. Teda žiadna fyzika.

Hypotézy o príčinách cyklu vychádzajú z tzv. *dynamo teórie*, kde výslednou merateľnou veličinou, ktorá sa mení, je magnetické pole Slnka. Toto pole vzniká následkom rozdielnej rýchlosti rotácie susedných vnútorných vrstiev Slnka.

Objavujú sa však aj hypotézy, ktoré sú založené na myšlienke pôsobenia planét a celej heliosféry na Slnko. Takéto hypotézy sú sporadicky zavrhované (naposledy v sedemdesiatych rokoch min. storočia) a po čase sa vždy znova objavia. Takúto hypotézu rozpracováva už celý rad rokov Dr. Charvátová z Geofyzikálneho ústavu ČAV a podľa nej je dominantnou periódou cca 180 rokov vo výskyte rozsiahlych miním. Podľa nej, (publikované v roku 1989!) by sa ďalšie rozsiahle minimum malo vyskytovať v rozmedzí rokov 2000 – 2030. Predchádzajúce takéto minimum sa vyskytlo okolo roku 1820 (Sabineovo min. *Sir Edward Sabine (1788 – 1883), anglický geofyzik írskeho pôvodu, zistil súvislosť medzi geomagnetizmom a slnečnou aktivitou – 1852*) a predtým okolo roku 1650 (Maunderovo min.). **Milan Rybanský**



Konferencia k 60. výročiu založenia Ľudovej hvezdárne v Prešove

Prvá ľudová hvezdáreň na Slovensku bola založená v Prešove 28. októbra 1948. Pri príležitosti 60. výročia tejto udalosti bola v dňoch 23. a 24. októbra 2008 vo Hvezdárni a planetáriu v Prešove zorganizovaná slávnostná konferencia spojená s odborným programom. Spoluorganizátormi konferencie boli Slovenská ústredná hvezdáreň v Hurbanove a Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV so sídlom v Tatranskej Lomnici. Súčasťou konferencie bola aj porada riaditeľov hvezdární SR pod vedením generálneho riaditeľa Ing. Teodora Pintéra a spoločné zasadnutie HV SAS pri SAV a VV ČAS pod vedením predsedu HV SAS RNDr. Juraja Zverka, DrSc. S prierezom 60. ročnej činnosti HaP v Prešove vystúpil PaedDr. Juraj Humeňanský, riaditeľ HaP v Prešove.

Na konferencii sa počas dvoch dní zúčastnilo 80 účastníkov. Na slávnostnej časti programu vo štvrtok poobede sa zišli zástupcovia hvezdární zo Slovenska, väčšinou riaditelia organizácií, zástupcovia Slovenskej astronomickej spoločnosti, súčasní a niektorí bývalí pracovníci Hvezdárne a planetária v Prešove, spolupracovníci HaP v Prešove, hostia z Poľska – naši poľskí partneri z MOA Niepolomice a PTMA, s ktorými máme nadviazanú spoluprácu (Mgr. M. J. Jagla, Dr. A. Michalec a Dr. H. Brancewicz), hostia z Českej republiky – zástupcovia Českej astronomickej spoločnosti (RNDr. Eva Marková, CSc. – predsedníčka, Pavel Suchan – podpredseda a Mgr. Lenka Soumarová). Za Úrad PSK prišla zablahoželať naša dlhoročná patrónka Mgr. Helena Ragulská a za MsÚ v Prešove Mgr. Edita Hudáková. Z ostatných kultúrnych zariadení sa zúčastnil riaditeľ Šarišského osvetového strediska v Prešove PhDr. Vladimír Husár.

Piatkový program pozostával z odborných prednášok a z prehliadky najnovších programov v planetáriu. Na tomto programe sa okrem väčšiny účastníkov slávnostnej časti zúčastnili aj niektorí členovia prešovskej odbočky SAS pri SAV, študenti z niektorých prešovských gymnázií a hvezdárni blízki pedagógovia.

Prednášateľmi boli Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc. riaditeľ AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici (*Slnečná sústava má opäť 8 planét*), RNDr. Vojtech Rušin, DrSc. (*Zatmenia Slnka a koróna*), RNDr,. Jozef Žižňovský, CSc., (*Ženy pri zrode modernej astronómie*) a RNDr. Juraj Zverko, DrSc., predseda HV SAS pri SAV (*Spektroskopia nehomogénneho povrchu chemicky pekuliárnych hviezd*), všetci z Astronomického ústavu SAV. Zaujímavé a aktuálne prednášky vyvolali živú diskusiu publika. V planetáriu pod umelou hviezdnou oblohou boli uvedené dva audiovizuálne programy *Po západe Slnka* (autorka RNDr. Danica Jančušková) a *Posolstvo času* (autor Roman Šankvalier).

Pri príležitosti 60. výročia vydala HaP v Prešove pohľadnicu, brožovanú publikáciu *Výber z histórie a činnosti Hvezdárne a planetária v Prešove* a CD s podobným názvom *História a činnosť Hvezdárne a planetária v Prešove*. SAS pri SAV udelila Hvezdárni a planetáriu v Prešove pri tejto príležitosti Čestné uznanie, ako výraz ocenenia jej významného príspevku k rozvoju amatérskej a profesionálnej astronómie na Slovensku. Konferencia prebehla dôstojne, na vysokej odbornej úrovni a prispela k upevneniu vzájomných profesionálnych vzťahov všetkých účastníkov.

RNDr. Danica Jančušková

Podporte astronómiu!

Kedy, keď nie teraz...

Začína Medzinárodný rok astronómie.

S plným nasadením sa pripravujú akcie, nadväzujúce na medzinárodný program, aby každý, ale naozaj každý, kto má oči, videl, kto má nohy, aby prišiel, kto má uši, aby počúval a kto má srdce, aby cítil, čo pre neho vesmír znamená...

Na všetkých tých pozorovaniach, prednáškach, výstavách, fotografiách, aby ho vesmír fascinoval, ak sa tak ešte doposiaľ nestalo. Aby si uvedomil, kto kládol základné kamene nášho chápania vesmíru, aby sa zamyslel, či stojí za to podniknúť niečo pre to, aby pohľad na oblohu zostal aj našim deťom a ich deťom. Ak ste doposiaľ váhali, kam dať 2 %, tak pomôžte uskutočniť tento veľkolepý celosvetový program roku astronómie Objavovať vesmír pre seba...

Pomáhať Vám v tom chce aj v tomto roku Slovenský zväz astronómov amatérov.

Okrem množstva pozorovaní pre širokú verejnosť najmä tam, kde nie sú hvezdárne, pripravuje aj putovnú výstavu o svetelnom znečistení. Ak získame dostatok prostriedkov, zorganizujeme aj odbornú konferenciu k problematike svetelného znečistenia, prvú na Slovensku.

Kontaktné údaje: SZAA, občianske združenie, Tomašovská 63, 979 01 Rimavská Sobota, IČO: 004705503, číslo účtu: 5716075/5200 **DR**

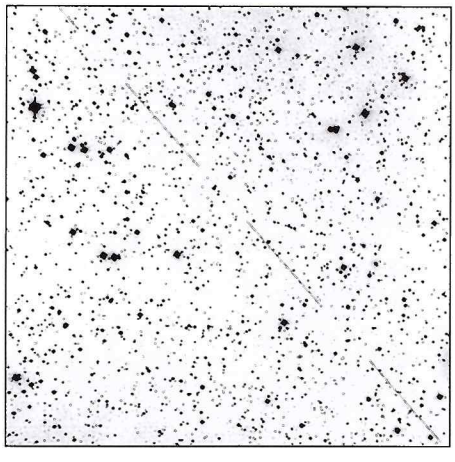
Druhý slovenský objav blízkozemského asteroidu

Astronóm Štefan Gajdoš, vedecký pracovník Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave (FMFI UK), ktorý pracuje a pozoruje na Astronomickom a geofyzikálnom observatóriu (AGO) UK v Modre, objavil nový blízkozemský asteroid. Pre slovenskú astronómiu je to významný úspech. Toto vesmírne teleso nepravidelného tvaru s odhadovaným priemerom približne 1 kilometer sa na svojej dráhe okolo Slnka môže priblížiť k Zemi na astronomicky malú vzdialenosť – iba 0,143 astronomickej jednotky (AU) – čo je v zrozumiteľnej reči približne 21 miliónov kilometrov alebo 55-násobok strednej vzdialenosti Mesiaca od Zeme. To ho radí do kategórie blízkozemských asteroidov. Objavené teleso s predbežným označením *2008 UW_5* sa pohybuje vzhľadom na ekliptiku po mierne sklonenej (9,4°) a dosť excentrickej eliptickej dráhe typu Amor (e = 0,38) s obežnou dobou 2,48 roka, takže k dráhe Zeme sa približuje zvonka. Zatiaľ našu Zem neohrozuje. V opačnom prípade by bol vzhľadom na svoju veľkosť hrozbou ako potenciálne nebezpečný asteroid (PHA). Táto pozorne sledovaná skupina zahŕňa telesá s rozmermi nad zhruba 1 kilometer (jasnejšie ako 22. magnitúda), ktoré sú teda dosť veľké na to, aby pri zrážke so Zemou spôsobili globálnu katastrofu, a zároveň sa k dráhe modrej planéty približujú na vzdialenosť menej ako 0,05 AU (takmer 7,5 milióna kilometrov). V čase písania tohto príspevku (21. 12.) ich poznáme 1011. Objavy ďalších blízkozemských asteroidov však stále pokračujú...

Objav sa podaril počas dvoch nocí od 25. do 27. októbra 2008 pri plnení fotometrického pozorovacieho programu a bol uverejnený v elektronickom cirkulári MPEC 2008-U65. Dráha nového telesa sa odvtedy upresnila. Na Slovensku ide iba o druhý objav blízkozemského asteroidu. AGO v Modre tým len potvrdilo svoju vedúce postavenie v astrometrii, fotometrii a objavoch malých telies slnečnej sústavy. Na takých objavoch je nesmierne vzrušujúce to, že sa nedajú plánovať - prichádzajú nečakane. Práve preto si vyžadujú skúsenosť a schopnosť pohotovo a rýchlo riešiť úplne novú situáciu tak, aby sa presné meranie dostalo dostatočne rýchlo na správne miesto, do *Centra malých planét Medzinárodnej astronomickej únie* (MPC IAU), na jeho objavovú web-stránku. Úplne čerstvé zverejnené údaje sledujú špecializované observatóriá, ako aj svojou zanietenou prácou veľmi užitoční amatéri na celom svete, ktorí vedia objav potvrdiť ďalšími pozorovaniami. Rovnako ako v iných podobných prípadoch sa to udialo rýchlo, počas iba niekoľkých hodín, keď pomohli profesionáli. Avšak kľúčové druhé pozorovanie urobil Š. Gajdoš ďalšiu noc ako jediný na svete. Priaznivou okolnosťou bolo ak nie ideálne, tak aspoň pomerne priaznivé počasie.

Na doterajších dvoch objavoch blízkozemských asteroidov (prvý v roku 2005 objavil A. Galád tiež na AGO v Modre; *KOZMOS 3/2005*) sa dajú priam ako z učebnice demonštrovať rozdielne objavové okolnosti a postupy. Prvé na Slovensku objavené blízkozemské teleso *2005 GB_{34}* doslova vletelo do zorného poľa nášho 60-cm zrkadlového ďalekohľadu (25×25 oblúkových minút) pri fotometrickom pozorovaní. Rýchlym pohybom (~2,2° za hodinu) zanechalo na objavových snímkach čiary, čo meranie polohy objektu medzi hviezdami veľmi komplikovalo. Spočiatku malá (na úvod však postačujúca) presnosť astrometrických pozícií vyplynula z merania začiatkov a koncov stôp, čo je proces náročnejší ako určenie súradníc centroidu pomalého asteroidu. Ďalšie sledovanie telesa umožnilo výpočet jeho predbežnej dráhy a polohy na najbližšie obdobie. Ako rýchlo sa blízkozemský asteroid s odhadovaným priemerom okolo 30 metrov zjavil, tak rýchlo sa aj stratil. Spätne vysvitlo, že kozmický balvan minul Zem vo vzdialenosti o niečo viac ako milión kilometrov, čo je zhruba tri krát ďalej ako je Mesiac od Zeme. Balvan bol pozorovateľný krátkych 6 dní, z čoho je zrejmé, že sme ho na oblohe zbadali iba vďaka jeho malej vzdialenosti. Minimálna možná vzdialenosť, v ktorej sa dráhy Zeme a asteroidu 2005 GB_{34} v priestore stretávajú, je o 100 000 kilometrov menšia. K podobnému tesnému priblíženiu dôjde znova v apríli 2084. Dovtedy zostane asteroid 2005 GB_{34} takmer určite nepozorovaný.

V porovnaní s prvým nebol objav druhého „slovenského" blízkozemského asteroidu až taký dramatický, ale tiež bol sprevádzaný príslušným vzrušením. Bol výsledkom pozornej a sústredenej analýzy snímok. I v tomto prípade šlo o vedľajší produkt fotometrie asteroidu z vnútornej zóny hlavného pásu. Pozorovanie jedného objektu trvá niekoľko hodín, často i celú noc, preto býva k dispozícii veľa snímok rovnakého poľa. Po výbere primerane dlhej časovej sekvencie a pozornom prehľadávaní možno okrem skúmanej planétky nájsť aj ďalší – snáď nový - pohybujúci sa objekt. Nasledujú klasické astrometrické procedúry, pri ktorých sa získa rýchlosť a smeru jeho pohybu. Použijú sa pomocné služby na stránke *Centra malých planét* zriadené najmä pre isté špeciálne situácie: na identifikáciu známych asteroidov, na výpočet efemeridy novoobjaveného telesa na najbližšie obdobie z niekoľkých prvých pozícií, alebo na overenie potenciálu telesa byť blízkozemským objektom. Pre určitý typ stredných dráh zistí možný



interval veľkosti a smeru zdanlivého pohybu telies na oblohe v ich rôznych aspektoch. Ak je uhlová rýchlosť telesa iná ako zodpovedá bežnej planétke z hlavného pásu asteroidov, výstupné údaje to prezradia. Pri našom objave bolo prvé podozrenie vyplývajúce z pomerne veľkej uhlovej rýchlosti objektu potvrdené aj softvérom. Bez otáľania bola do MPC odoslaná prvá sada pozícií s poznámkou o možnom NEO (zatiaľ blízkozemský objekt, lebo teoreticky to mohla byť aj kométa), odkiaľ sa vrátila tušená správa. Najkrajšie bolo zistenie, že objekt *S00010* (pracovné označenie desiateho telesa, ktoré autor hlásil ako pravdepodobný objav) bol zaradený k objektom na *Confirmation page*, čakajúcim na rýchle potvrdenie.

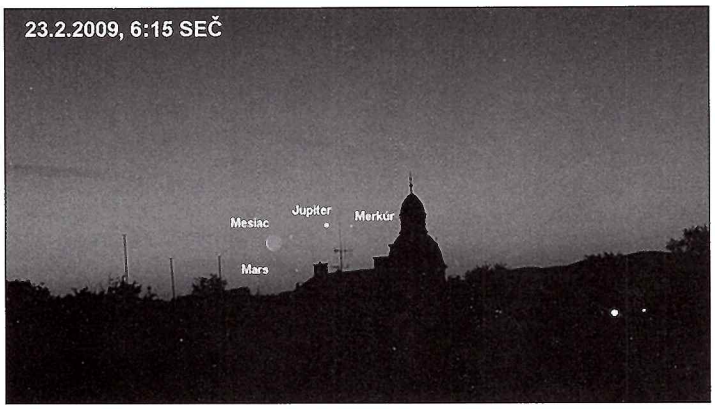
V súčasnosti má *2008 UW_5* 29-dňový pozorovaný oblúk svojej dráhy. V porovnaní s dĺžkou obežnej doby (zhruba 2,5 roka) je jeden mesiac pomerne málo. Vypočítaná dráha nie je ešte úplne presná, ale už umožňuje posúdiť geometrické podmienky priblížení v nedávnej minulosti, alebo naopak v blízkej budúcnosti. Spätným pohľadom zisťujeme, kedy a ako bol objekt pozorovateľný, aká bola jeho jasnosť a poloha. Vo všeobecnosti sú najlepšie situácie, keď sa Zem a asteroid stretnú v najbližšom bode ich dráh, alebo ich blízkosti, s čo najväčšou elongáciou asteroidu od Slnka. V prípade *2008 UW_5* sa vhodné postavenia opakovali každý druhý obeh a pri jarných priblíženiach v rokoch 1982, 1987, 1992, 1997 a 2002 dosahoval jasnosť 19. – 20. magnitúdy. Mal však južnú deklináciu –30° až –40°, čiže zo severnej pologule, kde sa nachádza väčšina prehliadkových ďalekohľadov, bol ťažšie pozorovateľný. Potom sa zvyšovala jasnosť jesenných severných postavení asteroidu. Po roku 2008 budú pokračovať i v rokoch 2013 a 2018, jeseň až jar budú priaznivé aj na rozhraní rokov 2023/2024. Výborná konštelácia nastane v decembri 2028. V dohľadnej dobe najvýhodnejšie priblíženie – takmer ideálne – bude v januári 2034. Vtedy bude asteroid *2008 UW_5* s jasnosťou nad 15^m vhodný na fotometriu a spektrofotometriu, pomocou ktorých spoznáme jeho rotačnú periódu a základné fyzikálne vlastnosti. Z predchádzajúceho je však zrejmé, že pravdepodobnosť nájdenia jeho starších (doteraz nepriradených) pozícií v archíve IAU MPC je malá.

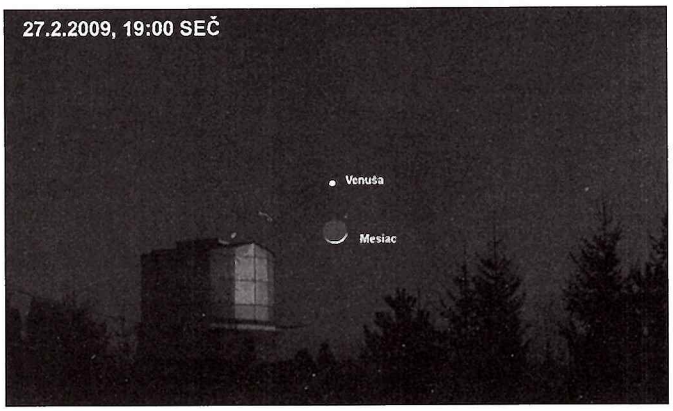
Pozorovania malých telies slnečnej sústavy sprevádzajú situácie, keď astronóm musí zvážiť a rýchlo sa rozhodnúť, či opustí fotometricky rozpracovaný objekt, napríklad vážneho kandidáta na binárny asteroid, alebo sa bude s veľmi neistým výsledkom venovať niečomu rýchlemu. V bežnej praxi pozorovateľ každú noc nachádza viac či menej dlhé stopy križujúce zorné pole rôznymi smermi. Drvivá väčšina z nich samozrejme patrí umelým satelitom Zeme na nízkej obežnej dráhe, geostacionárnym družiciam, lietadlám. Niektoré z nich sú podozrivé tým, že majú netradičný smer alebo rýchlosť. Vtedy pri rozhodovaní pomáha rýchly prepočet uhlovej rýchlosti, jej porovnanie s družicami, alebo i pozornejšia analýza svetelnej stopy, kde sa rýchla rotácia telesa vytvoreného človekom môže prejaviť pravidelnou zmenou intenzity. Napriek tomu má niekedy pozorovateľ veľké nutkanie pustiť sa do stíhania rýchleho objektu. Poviete si, že v dnešnej dobe existuje možnosť identifikácie družíc na internete, na viacerých webstránkach. No ich databázy nemôžu byť aktuálne, neobsahujú všetky satelity, zvlášť nie tie „čerstvé", vojenské, špionážne, staré a klesajúce, rýchlo meniace dráhu, alebo menšie úlomky rozpadnutých satelitov, zvyšky nosných stupňov. V noci aj tak nie je vždy čas všetko kontrolovať. Väčšina podozrivých objektov sa pohybuje v zóne umelých družíc obiehajúcich okolo Zeme. Ešte ďalej, za dráhou Mesiaca, sú málo jasné a sú viditeľné iba ďalekohľadmi. Stopy na snímkach sa dajú identifikovať s umelými telesami aj spätne, ale čo keď to ozaj bol asteroid a my sme prepásli ten moment, tú príležitosť?

Ako to vyzerá v praxi? Priložený obrázok je zložený zo štyroch za sebou nasledujúcich snímok a zobrazuje VFMO (Very Fast Moving Object – veľmi rýchlo sa pohybujúci objekt). Objekt preletel z pravého dolného rohu hore doľava za zhruba päť a pol minúty. Expozície trvali 60 sekúnd a medzery medzi stopami približne 40 sekúnd, čo je čas vyčítania snímky zo CCD kamery a jej uloženia. Jeho zdanlivá rýchlosť bola v čase pozorovania približne 6′/min. (1°/10 minút alebo 6°/hod.), čo je takmer tri krát viac ako *2005 GB_{34}* pri Adriánovom objave. Podozrivý objekt bol teda rýchlejší: ako umelá družica mohol byť na výstrednej geocentrickej dráhe ďaleko od Zeme alebo ako prirodzené teleso bol dosť blízko. Hádanku občas pomôže rozlúsknuť analýza svetelných stôp na originálnych snímkach: tu je vidieť pravidelné zmeny jasnosti s periódou 6 – 7 sekúnd. Mohol by to byť teda rýchlo rotujúci ľudský výtvor. V dnešnej dobe však už ani to nie je isté, pretože napríklad asteroid *2008 HJ* s rozmermi približne 12×24 metrov s najkratšou známou rotačnou periódou sa otočí okolo svojej osi raz za 42,67 sekundy. V takej situácii nepomôže nič iné, iba presná identifikácia. Nebudeme vás už dlhšie napínať: išlo o posledný stupeň nosnej rakety obiehajúci Zem na excentrickej dráhe s veľkou polosou zhruba 23 tisíc kilometrov so sklonom ~61°. Kto by si to chcel overiť, nech použije nasledujúce údaje: zorným poľom so stredom R.A. = $02^h\ 06^m\ 15^s$, Dec. = +52° 00' 41" letel v čase okolo $02^h\ 15^m\ 05^s$ UT v noci 15. októbra 2005.

RNDr. ŠTEFAN GAJDOŠ, PhD.

Snímka: archív AGO FMFI UK, spracoval Š. Gajdoš





Obloha v kalendári

február – marec 2009

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

Medzinárodný rok astronómie je už v plnom prúde, astronomické zariadenia pripravili množstvo podujatí.

Na večernej oblohe bude vo februári ako jagavý klenot žiariť Venuša a v ďalekohľade uvidíme jej kosáčik. Spomeňme si na Galilea Galileiho, ktorý ho videl po prvýkrát pred 400 rokmi v Benátkach svojim ďalekohľadom.

Planéty

Merkúr vychádza na začiatku februára ešte počas nautického súmraku, a tak by sme ho mali nájsť bez väčších problémov. 1. 2. má na konci nautického súmraku výšku nad obzorom 5° a jasnosť 0,7 mag. Jeho dobrá viditeľnosť potrvá aj v ďalších dňoch, nakoľko 13. 2. je v najväčšej západnej elongácii (26,1°). Jasnosť stúpa, v polovici februára je 0 mag. Po elongácii sa jeho dobrá viditeľnosť bude zhoršovať len pomaly, v rannom súmraku sa nám definitívne stratí začiatkom marca. Uhlovo je síce od Slnka ešte dostatočne ďaleko, no vychádza len krátko pred Slnkom. Neskôr sa začne uhlovo približovať k Slnku a 31. 3. je v hornej konjunkcii. Jeho uhlový priemer za zmenší z 8,8" na 5".

23. 2. ráno, krátko pred východom Slnka, bude nízko na obzorom okrem Mesiaca aj Jupiter (–2 mag) s Merkúrom (0,1 mag) a slabý Mars (1,2 mag). Jediným nedostatkom tohto skvelého zoskupenia je presvetlená obloha...

Venuša (–4,5 až –4,1 mag) bude na večernej oblohe neprehliadnuteľná. Začiatkom februára je na konci občianskeho súmraku vo výške 33°, začiatkom marca 27°. 5. 3. je v zastávke a začne sa na oblohe pohybovať spätne, jej uhlová vzdialenosť od Slnka sa bude zmenšovať a v polovici poslednej marcovej dekády sa definitívne stratí z večernej oblohy, nakoľko sa blíži do dolnej konjunkcie (27. 3.) so Slnkom. Vzhľadom k tomu, že jej deklinácia je väčšia (je severnejšie) ako Slnka, je možné Venušu na oblohe nájsť aj ráno. Skúste teda nájsť Venušu na oblohe ako Večernicu a nasledujúce ráno ako Zornička. A ak ste ešte nevideli uzulinký kosáčik Venuše v ďalekohľade, je dolná konjunkcia vhodnou príležitosťou. Pri jej vyhľadaní však musíme byť dostatočne opatrní, nakoľko Venuša bude len 8° severne od Slnka a jej uhlový priemer bude takmer 1'.

27. 2. sa do blízkosti Venuše dostane Mesiac a vytvoria tak na večernej oblohe pekné fotogenické zoskupenie.

Mars (1,3 – 1,2 mag) je prakticky nepozorovateľný, uhlovo je blízko Slnka a vychádza len za súmraku. Aj keď sa jeho vzdialenosť od Slnka na oblohe zväčšuje (z 15 na 28°), geometrické podmienky viditeľnosti sú nepriaznivé a aj koncom marca je na začiatku občianskeho súmraku vo výške len 2°.

17. a 18. 2. bude vzdialenosť Marsu od Jupitera len 0,5°, no vzhľadom na malú výšku na d obzorom bude táto pekná konjunkcia viditeľná len s obtiažami. Podobne na tom bude aj priblíženie s Mesiacom, no v oboch prípadoch nám nájdenie Marsu umožní druhé, jasnejšie teleso. Ďalšie, ešte problematickejšie konjunkcie sú v tabuľke a sú určené skôr lovcom rekordov.

Jupiter (–1,9 až –2,1 mag) v Kozorožcovi je po januárovej konjunkcii so Slnkom nepozorovateľný a na raňajšiu oblohu sa dostáva len pozvoľna. Na prelome mesiacov je na začiatku občianskeho súmraku vo výške len 3°, no koncom marca už 9° a začne pútať svojou jasnosťou. O konjunkciách s Marsom a Merkúrom sme písali vyššie. Mimo nášho územia bude 23. 2. pozorovateľný zákryt Jupitera Mesiacom, od nás bude viditeľný Mesiac až ráno, no to už bude po zákryte... O niečo lepšie budú podmienky 23. 3., no aj v tomto prípade konjunkcia nastáva pod obzorom.

Na zábery z kozmických sond sme si už zvykli, no 5. 3.1979 sme boli uchvátení obrázkami Jupitera, ktoré nám vyslal Voyager 1.

Saturn (0,8 – 0,6 mag) v Levovi má výborné podmienky viditeľnosti, nakoľko 8. 3. je v opozícii a teda pozorovateľný celú noc. Začiatkom februára vychádza vo večerných hodinách o 20. hodine, koncom marca už popoludní a zapadá až nadránom. V okolí opozície je aj najjasnejší, bude mať 0,5 mag. Napriek jeho dobrej viditeľnosti budeme vidieť jeho prstenec len úzky. Pozorujeme ho z južnej strany a pomaličky sa rozoviera. Na začiatku tohto obdobia má malá os prstencov len 1", na jeho konci 2,6".

Urán (5,8 – 5,9 mag) je do 28. 3. vo Vodnárovi, potom sa presunie do Rýb. Pozorovateľný je len v prvej polovici februára, neskôr sa začne strácať na večernej oblohe. Uhlovo sa približuje k Slnku a 13. 3. je s ním v konjunkcii. 26. 2. je v nevýraznej konjunkcii s Mesiacom nízko nad obzorom.

Neptún (8,0 mag) vo východnej časti v Kozorožcovi je nepozorovateľný, 12. 2. je v konjunkcii so Slnkom. Po konjunkcii sa presunie na rannú oblohu, no aj tu bude v polovici marca na začiatku občianskeho súmraku len vo výške 4°, koncom marca 8°.

Mesiac veľmi krátko po nove sa môžeme pokúsiť nájsť 25. 2. Pri západe Slnka je Mesiac po nove len 14,7 hodiny a geometrické podmienky sú ideálne. Mesiac je takmer kolmo (len necelý stupeň v azimute vľavo) nad miestom, kde zapadá Slnko vo výške 6°. Z Mesiaca bude osvetlených len 0,4 %.

Pri marcovom nove to už síce na rekord nebude, no podmienky sú veľmi dobré. Na konci občianskeho súmraku bude 25,5 hodiny po nove vo výške 7°. Jeho kosáčik bude ešte mimoriadne tenký, osvetlených bude len 1,3 %.

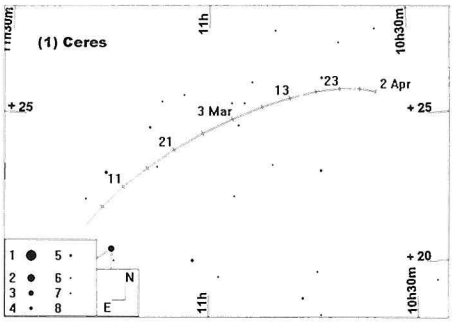
Polotieňové zatmenie Mesiaca 9. 2. nastane takmer celé pod obzorom. Začiatok zatmenia nastáva o 13:38, stred 15:38 a z polotieňa vystúpi o 17:38 SEČ. Mesiac vychádza len o 16:51, Slnko zapadne 16:54. Pri maximálnej fáze bude mať Mesiac v zemskom polotieni ponorených 0,9 % svojho priemeru.

Zatmenie patrí do série saros č. 143 a je 18. zatmením tejto série, ktorá obsahuje 73 zatmení.

Trpaslíčie planéty

(1) Ceres (7,2 – 6,9 – 7,5 mag) je 25. 2. v opozícii a tak jej podmienky pozorovateľnosti sú veľmi dobré. Vo februári je v Levovi, v marci v Malom Levovi. Svoju púť začne stupeň vľavo od δ Leo (2,5 mag) a postupuje severozápadne.

Dátum	α (2000)	δ (2000)	mag	el.
Efemerida (1) Ceres				
1. 2.	$11^h18,3^m$	+21°13,8'	7,2	146,8
6. 2.	$11^h15,9^m$	+21°54,5'	7,1	151,6
11. 2.	$11^h12,9^m$	+22°35,3'	7,0	156,1
16. 2.	$11^h09,4^m$	+23°15,2'	7,0	159,9
21. 2.	$11^h05,5^m$	+23°52,7'	6,9	162,5
26. 2.	$11^h01,2^m$	+24°26,8'	6,9	163,3
3. 3.	$10^h56,8^m$	+24°56,3'	6,9	162,0
8. 3.	$10^h52,4^m$	+25°20,3'	7,0	159,0
13. 3.	$10^h48,2^m$	+25°38,2'	7,1	155,0
18. 3.	$10^h44,2^m$	+25°49,7'	7,2	150,5
23. 3.	$10^h40,7^m$	+25°54,8'	7,3	145,8
28. 3.	$10^h37,7^m$	+25°53,4'	7,4	140,9
2. 4.	$10^h35,2^m$	+25°45,8'	7,5	136,1



(134340) Pluto (14,2 mag) v Strelcovi má zlepšujúce sa podmienky pozorovateľnosti, uhlovo sa od Slnka vzďaľuje. Koncom marca vychádza už po polnoci, no lepšie podmienky budú až v nasledujú-

Zákryty hviezd Mesiacom (február – marec)

Dátum	UT h m s	f	XZ	mag	CA °	PA °	a s/°	b s/°
5. 2.	20 6 36	D	7216	5,8	+13N	14	195	745
6. 2.	19 59 14	D	9694	3,1	+60S	127	85	–81
6. 2.	21 6 34	R	9694	3,1	–72S	259	100	1
10. 2.	23 0 48	R	16057	5,8	+51N	340	38	–102
13. 2.	5 15 40	D	18567	5,5	–16N	44	103	0
13. 2.	5 33 31	R	18567	5,5	+14N	13	4	–223
17. 2.	1 47 25	D	21747	4,6	–62N	74	90	104
17. 2.	2 50 13	R	21747	4,6	+47N	325	42	–10
3. 3.	23 1 16	D	5642	5,4	+65N	55	6	–36
13. 3.	0 54 49	R	18902	6,0	+45N	349	31	–108

Predpovede sú pre polohu λ_0 = 20°E a φ_0 = 48,5°N s nadmorskou výškou 0 m. Pre konkrétnu polohu λ, ϕ sa čas počíta zo vzťahu $t = t_0 + a(\lambda - \lambda_0) + b(\varphi - \varphi_0)$, kde koeficienty a, b sú uvedené pri každom zákryte.

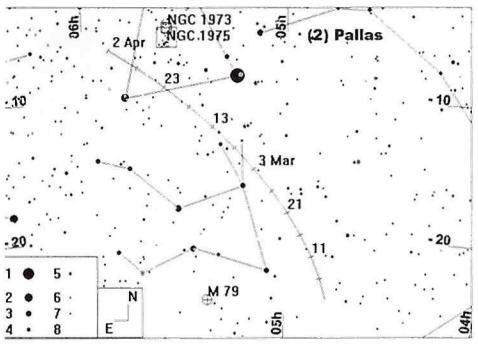
com období. Jeho pohyb východným smerom sa spomaľuje, začiatkom apríla je v zastávke.

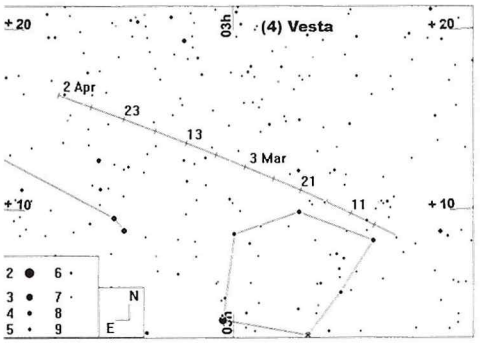
Dátum	α (2000)	δ (2000)	mag	el.
Efemerida (134340) Pluto				
3. 3.	$18^h12{,}1^m$	–17°42,2'	14,2	69,6
8. 3.	$18^h12{,}4^m$	–17°41,7'	14,2	74,5
13. 3.	$18^h12{,}7^m$	–17°41,3'	14,2	79,4
18. 3.	$18^h12{,}9^m$	–17°40,8'	14,2	84,3
23. 3.	$18^h13{,}1^m$	–17°40,3'	14,2	89,2
28. 3.	$18^h13{,}2^m$	–17°39,8'	14,2	94,1
2. 4.	$18^h13{,}2^m$	–17°39,4'	14,2	99,1

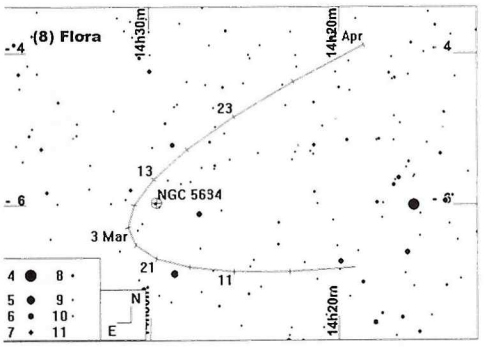
Asteroidy

Najjasnejšími asteroidmi budú (2) Pallas a (4) Vesta a v opozícii do 11 mag: (27) Euterpe (4. 2.; 8,8 mag), (511) Davida (9. 2.; 10,1 mag), (13) Egeria (18. 2.; 10,1 mag), (30) Urania (18. 2.; 10,5 mag), (349) Dembowska (26. 2.; 10,3 mag), (115) Thyra (9. 3.; 11,0 mag), (45) Eugenia (15.3.; 10,8 mag), (29) Amphitrite (21. 3.; 9,1 mag), (83) Beatrix (29. 3.; 11,0 mag).

10. 3. sa (8) Flora priblíži na 14' ku guľovej hviezdokope NGC 5634.







Dátum	α (2000)	δ (2000)	mag
Efemerida asteroidu (4) Vesta			
1. 2.	$02^h22{,}7^m$	+08°37,8'	8,1
6. 2.	$02^h27{,}6^m$	+09°17,5'	8,1
11. 2.	$02^h32{,}8^m$	+09°57,8'	8,2
16. 2.	$02^h38{,}3^m$	+10°38,4'	8,2
21. 2.	$02^h44{,}2^m$	+11°19,1'	8,3
26. 2.	$02^h50{,}4^m$	+11°59,8'	8,3
3. 3.	$02^h56{,}9^m$	+12°40,3'	8,3
8. 3.	$03^h03{,}6^m$	+13°20,3'	8,4
13. 3.	$03^h10{,}5^m$	+13°59,8'	8,4
18. 3.	$03^h17{,}7^m$	+14°38,5'	8,4
23. 3.	$03^h25{,}1^m$	+15°16,4'	8,4
28. 3.	$03^h32{,}7^m$	+15°53,3'	8,4
2. 4.	$03^h40{,}5^m$	+16°29,2'	8,5
Efemerida asteroidu (2) Pallas			
1. 2.	$04^h46{,}7^m$	–24°23,7'	8,2
6. 2.	$04^h48{,}8^m$	–22°53,1'	8,3
11. 2.	$04^h51{,}6^m$	–21°19,9'	8,3
16. 2.	$04^h55{,}1^m$	–19°45,0'	8,3
21. 2.	$04^h59{,}3^m$	–18°09,4'	8,4
26. 2.	$05^h04{,}2^m$	–16°33,8'	8,4
3. 3.	$05^h09{,}6^m$	–14°58,9'	8,5
8. 3.	$05^h15{,}6^m$	–13°25,4'	8,5
13. 3.	$05^h22{,}0^m$	–11°53,8'	8,5
18. 3.	$05^h29{,}0^m$	–10°24,6'	8,6
23. 3.	$05^h36{,}4^m$	–08°58,2'	8,6
28. 3.	$05^h44{,}2^m$	–07°35,0'	8,7
2. 4.	$05^h52{,}3^m$	–06°15,2'	8,7
Efemerida asteroidu (8) Flora			
2. 2.	$14^h19{,}1^m$	–06°49,3'	11,1
6. 2.	$14^h22{,}6^m$	–06°52,7'	11,0
11. 2.	$14^h25{,}5^m$	–06°52,6'	11,0
16. 2.	$14^h27{,}9^m$	–06°49,1'	10,9
21. 2.	$14^h29{,}7^m$	–06°42,1'	10,8
26. 2.	$14^h30{,}7^m$	–06°31,6'	10,7
3. 3.	$14^h31{,}1^m$	–06°17,6'	10,6
8. 3.	$14^h30{,}8^m$	–06°00,2'	10,5
13. 3.	$14^h29{,}8^m$	–05°39,8'	10,4
18. 3.	$14^h28{,}0^m$	–05°16,5'	10,3
23. 3.	$14^h25{,}5^m$	–04°50,7'	10,2
28. 3.	$14^h22{,}4^m$	–04°22,9'	10,1
2. 4.	$14^h18{,}4^m$	–03°53,8'	10,0

Kométy

Lulin (C/2007 N3) je skvelým spestrením nočnej oblohy, bude pozorovateľná aj triédrom. Bola objavená ako slabý objekt 18,9 mag 11. 7. 2007 dvojicou Quanzhi Ye (Guangzhou, China) a Chi-Sheng Lin (Lulin Sky Survey, Taiwan) a pôvodne klasifikovaná ako asteroid. Periodickú dráhu spočítal B. Mardsen a perihéliom prešla 10. 1. 24. 2. prejde vo vzdialenosti 0,41 AU os Zeme a teda jej vlastný

Tabuľky východov a západov (február – marec)

Slnko

	Vých.	Záp.	Súmrak Občiansky zač.	Občiansky kon.	Nautický zač.	Nautický kon.	Astronomický zač.	Astronomický kon.
1. 2.	7:09	16:39	6:35	17:13	5:58	17:50	5:21	18:27
6. 2.	7:02	16:47	6:28	17:20	5:52	17:57	5:15	18:34
11. 2.	6:54	16:55	6:21	17:28	5:45	18:05	5:08	18:41
16. 2.	6:45	17:03	6:13	17:36	5:37	18:12	5:01	18:48
21. 2.	6:36	17:12	6:05	17:43	5:29	18:19	4:52	18:56
26. 2.	6:27	17:19	5:56	17:51	5:20	18:27	4:43	19:03
3. 3.	6:17	17:27	5:46	17:58	5:10	18:34	4:34	19:11
8. 3.	6:07	17:35	5:37	18:06	5:00	18:42	4:23	19:19
13. 3.	5:58	17:43	5:27	18:13	4:50	18:50	4:13	19:27
18. 3.	5:47	17:50	5:16	18:21	4:39	18:58	4:02	19:36
23. 3.	5:37	17:57	5:06	18:28	4:28	19:06	3:51	19:44
28. 3.	5:27	18:05	4:55	18:36	4:17	19:14	3:39	19:53

Mesiac

	Východ	Západ
1. 2.	9:07	23:54
6. 2.	12:39	4:51
11. 2.	19:39	7:27
16. 2.	0:37	9:09
21. 2.	4:59	13:21
26. 2.	6:40	19:13
3. 3.	8:36	0:20
8. 3.	14:26	4:46
13. 3.	21:02	6:24
18. 3.	1:32	9:07
23. 3.	4:11	14:33
28. 3.	5:40	20:46

Jupiter

	Východ	Západ
1. 2.	6:57	16:00
6. 2.	6:40	15:47
11. 2.	6:24	15:33
16. 2.	6:07	15:20
21. 2.	5:51	15:06
26. 2.	5:34	14:53
3. 3.	5:18	14:39
8. 3.	5:00	14:25
13. 3.	4:43	14:11
18. 3.	4:26	13:58
23. 3.	4:09	13:44
28. 3.	3:52	13:29

Merkúr

	Východ	Západ
1. 2.	5:53	14:57
6. 2.	5:44	14:41
11. 2.	5:41	14:36
16. 2.	5:42	14:39
21. 2.	5:44	14:49
26. 2.	5:45	15:04
3. 3.	5:45	15:23
8. 3.	5:44	15:46
13. 3.	5:42	16:11
18. 3.	5:39	16:39
23. 3.	5:35	17:11
28. 3.	5:31	17:46

Saturn

	Východ	Západ
1. 2.	19:53	8:52
6. 2.	19:31	8:32
11. 2.	19:10	8:12
16. 2.	18:48	7:52
21. 2.	18:26	7:32
26. 2.	18:05	7:11
3. 3.	17:43	6:51
8. 3.	17:21	6:30
13. 3.	16:59	6:10
18. 3.	16:37	5:50
23. 3.	16:15	5:30
28. 3.	15:54	5:09

Venuša

	Východ	Západ
1. 2.	8:37	20:53
6. 2.	8:21	20:57
11. 2.	8:04	21:00
16. 2.	7:46	21:00
21. 2.	7:27	20:57
26. 2.	7:05	20:50
3. 3.	6:42	20:38
8. 3.	6:18	20:21
13. 3.	5:54	19:58
18. 3.	5:28	19:29
23. 3.	5:03	18:54
28. 3.	4:39	18:16

Urán

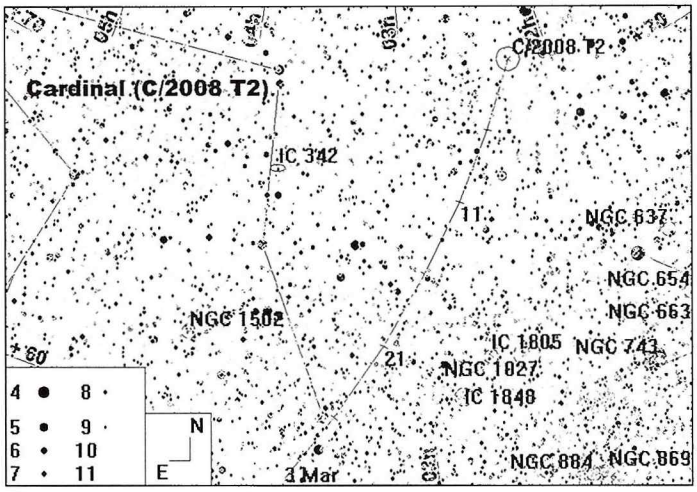
	Východ	Západ
1. 2.	8:36	20:01
6. 2.	8:17	19:43
11. 2.	7:58	19:25
16. 2.	7:39	19:06
21. 2.	7:20	18:48
26. 2.	7:00	18:30
3. 3.	6:41	18:12
8. 3.	6:22	17:54
13. 3.	6:03	17:36
18. 3.	5:44	17:18
23. 3.	5:25	16:59
28. 3.	5:06	16:41

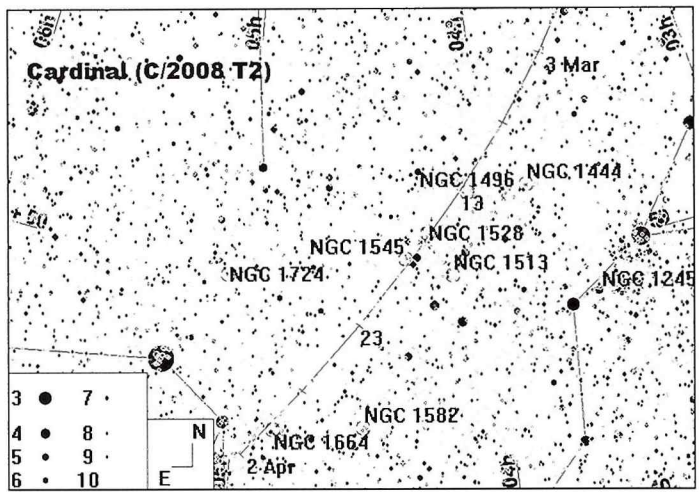
Mars

	Východ	Západ
1. 2.	6:34	15:10
6. 2.	6:26	15:11
11. 2.	6:17	15:13
16. 2.	6:09	15:14
21. 2.	5:59	15:16
26. 2.	5:50	15:18
3. 3.	5:39	15:20
8. 3.	5:29	15:22
13. 3.	5:17	15:24
18. 3.	5:06	15:26
23. 3.	4:54	15:28
28. 3.	4:42	15:29

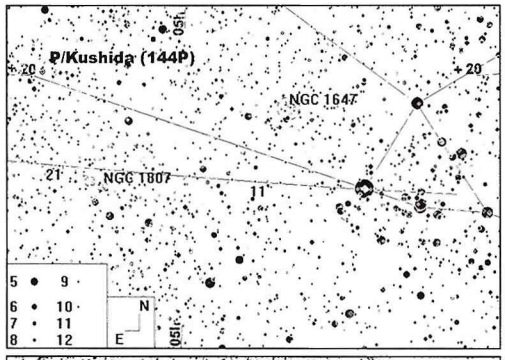
Neptún

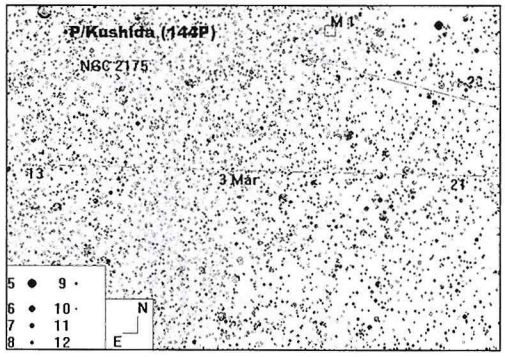
	Východ	Západ
1. 2.	7:39	17:34
6. 2.	7:20	17:16
11. 2.	7:01	16:57
16. 2.	6:41	16:38
21. 2.	6:22	16:19
26. 2.	6:03	16:01
3. 3.	5:44	15:43
8. 3.	5:25	15:24
13. 3.	5:05	15:05
18. 3.	4:46	14:46
23. 3.	4:26	14:27
28. 3.	4:07	14:09

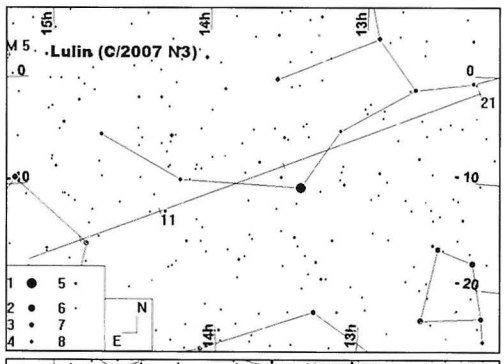


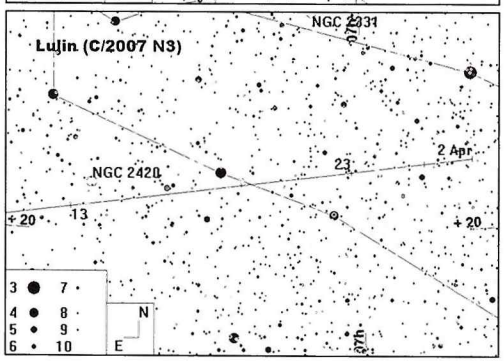


pohyb na oblohe bude v tomto období rýchly (5°/deň). Počas týchto dvoch mesiacov prejde na oblohe 130° a presunie sa z Váh cez Pannu, Leva, Ra-









Dátum	α (2000)	δ (2000)	mag	el
Efemerida kométy Lulin (C/2007 N3)				
1. 2.	$15^h14{,}0^m$	−17°10,2'	7,4	81,4
6. 2.	$14^h53{,}1^m$	−115°45,7'	7,1	91,7
11. 2.	$14^h21{,}3^m$	−113°21,0'	6,7	104,8
16. 2.	$13^h31{,}9^m$	−109°00,4'	6,3	122,7
21. 2.	$12^h17{,}3^m$	−101°32,5'	6,0	147,8
26. 2.	$10^h43{,}6^m$	+08°00,6'	6,1	178,0
3. 3.	$09^h18{,}5^m$	+15°18,1'	6,5	154,9
8. 3.	$08^h19{,}0^m$	+19°02,6'	7,2	135,2
13. 3.	$07^h41{,}2^m$	+20°45,0'	7,8	121,1
18. 3.	$07^h17{,}2^m$	+21°33,2'	8,3	110,5
23. 3.	$07^h01{,}6^m$	+21°57,4'	8,8	101,9
28. 3.	$06^h51{,}2^m$	+22°10,2'	9,3	94,5
2. 4.	$06^h44{,}3^m$	+22°17,2'	9,7	88,0
Efemerida kométy P/Boethin (85P)				
1. 2.	$02^h00{,}9^m$	+18°03,5'	8,9	82,3
16. 2.	$03^h05{,}0^m$	+22°27,3'	9,9	82,8
3. 3.	$04^h03{,}9^m$	+25°03,4'	11,0	81,5
18. 3.	$04^h56{,}6^m$	+26°13,8'	12,0	78,4
Efemerida kométy P/Kushida (144P)				
1. 2.	$04^h23{,}7^m$	+16°14,3'	10,9	114,6
6. 2.	$04^h36{,}0^m$	+16°28,7'	11,0	112,5
11. 2.	$04^h48{,}8^m$	+16°43,3'	11,2	110,5
16. 2.	$05^h02{,}2^m$	+16°57,2'	11,3	108,7
21. 2.	$05^h16{,}1^m$	+17°09,5'	11,4	107,0
26. 2.	$05^h30{,}3^m$	+17°19,5'	11,6	105,4
3. 3.	$05^h44{,}7^m$	+17°26,6'	11,8	103,8
8. 3.	$05^h59{,}3^m$	+17°30,4'	11,9	102,3
13. 3.	$06^h14{,}0^m$	+17°30,3'	12,1	100,9
Efemerida kométy Cardinal (C/2008 T2)				
1. 2.	$02^h16{,}4^m$	+71°04,3'	10,9	102,9
6. 2.	$02^h30{,}6^m$	+68°57,9'	10,7	100,4
11. 2.	$02^h44{,}7^m$	+66°47,7'	10,6	97,7
16. 2.	$02^h58{,}6^m$	+64°33,9'	10,5	95,0
21. 2.	$03^h12{,}5^m$	+62°17,0'	10,3	92,0
26. 2.	$03^h26{,}2^m$	+59°57,2'	10,2	89,0
3. 3.	$03^h39{,}7^m$	+57°35,0'	10,1	86,0
8. 3.	$03^h53{,}2^m$	+55°10,4'	9,9	82,8
13. 3.	$04^h06{,}4^m$	+52°43,8'	9,8	79,7
18. 3.	$04^h19{,}5^m$	+50°15,2'	9,7	76,5
23. 3.	$04^h32{,}4^m$	+47°44,8'	9,6	73,4
28. 3.	$04^h45{,}2^m$	+45°12,6'	9,4	70,2
2. 4.	$04^h57{,}8^m$	+42°38,8'	9,3	67,2

ka až do Blížencov. Vzhľadom na svoju jasnosť bude vhodná aj na snímanie v okolí zaujímavých objektov. 18. 2. bude len 4' severne od NGC 4951 (12,7 mag), 1. 3. v tesnej blízkosti slabej skupiny galaxií NGC 3024 (13,8 mag), NGC 3020 (12,9 mag), NGC 3019 (15,0 mag) a NGC 3016 (13,7 mag). Necelé 2° pod Jasličkami (M 44) ju nájdeme 6. 3. a 13. 3. 0,7° južne od otvorenej hviezdokopy NGC 2420 (8,3 mag).

P/Boethin (85P) bola v perihéliu 16. 12., jej jasnosť mala byť začiatkom februára podľa nominálnej predpovede nad 9 mag. 25. – 27. 2 sme sa mohli kochať jej prítomnosťou v severnej časti Plejád. Lenže...

Kométu s periódou obehu 11,5 roka objavil 4. 1. 1975 reverend Leo Boethin na Filipínach ako objekt 12 mag. Naposledy bola zo Zeme pozorovaná v roku 1986, v roku 1997 nájdená nebola. Vlani sa jej návrat očakával najneskôr v októbri, no ani pátranie veľkými ďalekohľadmi úspešné nebolo. Je teda veľmi pravdepodobné, že sa rozpadla a jej fragmenty sú pod hranicou pozorovateľnosti. Kométa mala byť aj cieľom sondy Deep Impact v decembri 2008.

Kométu Cardinal (C/2008 T2) objavil Rob Cardinal (University of Calgary, Priddis) ako objekt 16 mag 1. 10. 2008. Je na parabolickej dráhe a perihéliom prejde 13. 6. Je cirkumpolárna, presunie sa z Kasiopeie cez Perzea do Povozníka. Príjemne zjasňuje, koncom marca bude mať necelých 9 mag. Od 15. do 23. 2. bude vo vzdialenosti necelé 4° severovýchodne od komplexu hmlovín a otvorených hviezdokôp IC 1805, IC 1848 a NGC 1027, 16. a 17. 3. prejde nevýraznými otvorenými hviezdokopami NGC 1528 (6,4 mag) a 1545 (6,2 mag).

P/Kushida (144P) nijako jasnosťou nevyniká, no na rozdiel od Boethin je vývoj jasnosti v dobrom súlade s predpoveďou. Perihéliom prešla 26. 1. a svoju februárovú púť oblohou začne v Hyádach a 6. 2. prejde popred Aldebarana. 19. 2. bude 0,5° severne od otvorených hviezdokôp NGC 1817 (7,7 mag) a 1807 (7,0 mag) a 12. a 13. 3. 0,5° južne od komplexu hmlovín IC 2162.

Kométu objavil Yoshio Kushida v Japonsku (Yatsugatake South Base Observatory) fotograficky 8. 1. 1994 ako objekt 13,5 mag so silnou centrálnou kondenzáciou takmer na okraji zorného poľa necelý mesiac po jej prechode perihéliom. Kométa má obežnú dobu 7,2 roka.

Meteory

V decembri boli už tradične skvelé Geminidy, ktoré frekvenciami nesklamali a začiatkom januára niektorých azda potešili aj Kvadrantidy. Tieto dva mesiace však budú pôstne, v činnosti nie je žiadny aktívnejší meteorický roj.

δ Leonidy majú svoje slabé (ZHR 2) maximum 25. 2. a sú len veľmi ťažko odlíšiteľné od sporadického pozadia. Z pracovného zoznamu IMO boli vynechané slabé ekliptikálne roje. Zoznam však udáva tzv. antiheliónový zdroj. Je to pomerne veľká, oválna oblasť na oblohe s rozmermi asi 30×15 stupňov. Jej stred je na ekliptike, posunutý o 12 st. východne od bodu ležiacemu oproti aktuálnej polohe Slnka. Zenitová frekvencia je okolo 4.

PAVOL RAPAVÝ

Kalendár úkazov a výročí (február – marec)

1. 2.	3,1	Merkúr v zastávke, začína sa pohybovať v priamom smere
3. 2.	0,2	Mesiac v prvej štvrti
4. 2.		asteroid (27) Euterpe v opozícii (8,8 mag)
5. 2.		35. výročie (1974) Marineru 9 (oblet Venuše)
5. 2.		190. výročie (1819) narodenia B. Splényiho
6. 2.		80. výročie (1929) narodenia L. Košinára
7. 2.	21,1	Mesiac v prízemí (361 488 km)
7. 2.		asteroid (5000) IAU najbližšie k Zemi (1,753 AU), (17,8 mag)
7. 2.		120.výročie (1889) založenia Astronomical Society of the Pacific
9. 2.	15,8	Mesiac v splne (polotieňové zatmenie Mesiaca, od nás takmer nepozorovateľné)
9. 2.		asteroid (511) Davida v opozícii (10,1 mag)
12. 2.	13,8	Neptún v konjunkcii so Slnkom
13. 2.	8,1	Neptún v odzemí (31,01971 AU)
13. 2.	21,9	Merkúr v najväčšej západnej elongácii (26,1°)
15. 2.		445. výročie (1564) narodenia Galilea Galileiho
16. 2.	22,6	Mesiac v poslednej štvrti
17. 2.	17,3	konjunkcia Marsu s Jupiterom (Mars 0,6° južne)
17. 2.		50. výročie (1959) štartu Vanguardu 2
18. 2.		asteroid (13) Egeria v opozícii (10,1 mag)
18. 2.		asteroid (30) Urania v opozícii (10,5 mag)
19. 2.	18,0	Mesiac v odzemí (405 129 km)
19. 2.		150. výročie (1859) narodenia F. Lakitsa
20. 2.		Venuša v maxime jasnosti (–4,6 mag)
21. 2.	15,6	Venuša v prísln (0,71843 AU)
21. 2.		390. výročie (1619) narodenia I. Hiebnera
22. 2.	22,7	konjunkcia Merkúra s Mesiacom (Merkúr 0,6° južne), zákryt mimo nášho územia
23. 2.	7,4	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 0,7° južne)
23. 2.	0,9	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 0,2° južne), zákryt mimo nášho územia
23. 2.		125. výročie (1884) narodenia A. Duchona
24. 2.	6,7	konjunkcia Merkúra s Jupiterom (Merkúr 0,6° južne)
24. 2.		40.výročie (1969) štartu Marineru 6
25. 2.	2,6	Mesiac v nove
25. 2.		trpaslíčia planéta (1) Ceres v opozícii (6,9 mag)
26. 2.	6,4	konjunkcia Uránu s Mesiacom (Urán 3,4° južne)
26. 2.	15,5	Merkúr v odslní (0,4667 AU)
26. 2.		asteroid (349) Dembowska v opozícii (10,3 mag)
27. 2.	23,4	Urán v odslní (20,09889 AU)
28. 2.	1,3	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 1,9° severne)
28. 2.		50. výročie (1959) štartu Discovereru
11. 3.		150. výročie (1859) narodenia R. F. Vodela
2. 3.	1,5	konjunkcia Merkúra s Marsom (Merkúr 0,6° južne)
2. 3.		5. výročie (2004) štartu sondy Rosetta
3. 3.		40. výročie (1969) štartu Apolla 9
4. 3.	8,8	Mesiac v prvej štvrti
5. 3.	1,6	Venuša v zastávke, začína sa pohybovať spätne
5. 3.		30. výročie (1979) obletu Jupitera Voyagerom 1
7. 3.	16,2	Mesiac v prízemí (367 022 km)
7. 3.		110. výročie (1899) narodenia W. J. Luytena
8. 3.	13,9	konjunkcia Marsu s Neptúnom (Mars 0,8° južne)
8. 3.	19,3	Saturn v prízemí (8,3944 AU)
8. 3.	20,9	Saturn v opozícii
9. 3.		asteroid (115) Thyra v opozícii (11 mag)
9. 3.		75. výročie (1934) narodenia J. A. Gagarina
10. 3.	12,1	Saturn v maxime jasnosti
11. 3.	3,6	Mesiac v splne
13. 3.	2,4	Urán v konjunkcii so Slnkom
14. 3.	5,0	Urán v odzemí
14. 3.		130. výročie (1879) narodenia A. Einsteina
15. 3.		asteroid (45) Eugenia v opozícii (10,8 mag)
17. 3.	6,3	Mesiac v konjunkcii s Antaresom (Antares 0,7° severne), zákryt mimo nášho územia
17. 3.		100. výročie (1909) narodenia A. Nemiroa
18. 3.	18,8	Mesiac v poslednej štvrti
19. 3.	14,2	Mesiac v odzemí (404 301 km)
19. 3.		120. výročie (1889) B. P. Gerasimoviča
20. 3.	12,7	jarná rovnodennosť, začiatok astronomickej jari
21. 3.		asteroid (29) Amphitrite v opozícii (9,1 mag)
22. 3.		210. výročie (1799) narodenia F. W. Argelandera
22. 3.	21,5	konjunkcia Jupitera s Mesiacom (Jupiter 0,9° južne)
23. 3.		Svetový meteorologický deň
23. 3.		260. výročie (1749) narodenia P. S. Laplacea
23. 3.		180. výročie (1829) N. R. Pogsona
23. 3.	13,9	konjunkcia Neptúna s Mesiacom (Neptún 1,5° južne)
24. 3.	11,3	konjunkcia Marsu s Mesiacom (Mars 3,1° južne)
26. 3.	17,1	Mesiac v nove
26. 3.	21,1	konjunkcia Venuše s Mesiacom (Venuša 4,4° severne)
26. 3.	1,0	Merkúr v odzemí (1,35364 AU)
27. 3.	13,2	Venuša v prízemí (0,28147 AU)
27. 3.		40. výročie (1969) štartu Marineru 7
27. 3.	20,3	Venuša v dolnej konjunkcii
29. 3.	2,0	začiatok letného času
29. 3.		asteroid (83) Beatrix v opozícii (11 mag)
29. 3.		40. výročie (1974) obletu Merkúra Marinerom 10
30. 3.		130. výročie (1879) narodenia B. V. Schmidta
31. 3.	4,5	Merkúr v hornej konjunkcii
31. 3.	17,1	Merkúr v maxime jasnosti (–2 mag)
2. 4.	15,6	Mesiac v prvej štvrti
2. 4.	3,2	Mesiac v prízemí (370 016 km)
4. 4.	17,3	Pluto v zastávke, začína sa pohybovať spätne

Slovenský kozmický klub

Už viac ako polstoročie je kozmonautika jednou z neoddeliteľných súčastí nášho života. Často si to možno ani neuvedomujeme, ale za mnohé vymoženosti dnešnej doby vďačíme práve kozmonautike a kozmickému výskumu. Žiaľ, u nás na Slovensku stále nie je veľa inštitúcií, ktoré by jej venovali takú pozornosť, akú by si zaslúžila. Keďže práve vesmír a kozmonautika sú oblasti, ktoré mnohých ľudí a najmä mladú generáciu mimoriadne zaujímajú, rozhodli sme sa prispieť k ich popularizácii, a rozbehnúť na Slovensku činnosť, ktorá tu čiastočne absentovala.

Od januára 2009 začína svoje pôsobenie občianske združenie s názvom **Slovenský kozmický klub (SKK)**, ktoré bolo oficiálne zaregistrované na Ministerstve vnútra Slovenskej republiky 6. novembra 2008. Hlavným cieľom SKK bude popularizácia kozmonautiky na Slovensku. SKK zároveň plánuje organizovanie rôznych vzdelávacích akcií pre verejnosť a školy, ako aj spoluprácu s inými organizáciami, spoločnosťami a združeniami, ktoré majú podobné zameranie a ciele. Za jednu z hlavných priorít svojej činnosti si SKK vytýčil popularizáciu kozmonautiky medzi deťmi a mládežou.

Členom SKK sa môžu stať všetky fyzické osoby staršie ako 15 rokov so serióznym záujmom o kozmonautiku alebo právnické osoby.

Veríme, že aj u nás na Slovensku, prípadne v zahraničí, sa nájde dostatok zanietených nadšencov kozmonautiky a skúmania vesmíru, ktorí budú mať o členstvo záujem. Zároveň sa aspoň takýmto spôsobom budeme snažiť podporovať všetky aktivity, ktoré by mohli postupne viesť k nadviazaniu prvotnej spolupráce medzi Slovenskou republikou a najprestížnejšou európskou organizáciou zaoberajúcou sa výskumom vesmíru – **Európskou vesmírnou agentúrou ESA** (European Space Agency).

Na záver by som chcel v mene Slovenského kozmického klubu poďakovať za pomoc a podporu Mgr. Stanislavovi Kanianskemu, riaditeľovi Krajskej hvezdárne a planetária Maximiliána Hella v Žiari nad Hronom, ako aj pánovi Milanovi Halouskovi z Českej kozmickej kancelárie, ktorý stál pri zrode tejto myšlienky.

Všetky informácie týkajúce sa činnosti *SKK* budete môcť postupne nájsť na pripravovanej webstránke . Akékoľvek ďalšie informácie Vám radi poskytneme na e-mailovej adrese *slovakspace@slovakspace.sk.*

RNDr. Ľuboš Ryban

Blesk je sprievodný optický jav výboja atmosférickej elektriny. Jeho úder prebieha tak, že sa vytvorí elektrický výboj najprv z oblaku do zeme, ktorý vytvorí tzv. kanál blesku. Vzápätí nasleduje silnejší spätný výboj zo zeme do oblakov. Blesk si hľadá cestu s najmenším elektrickým odporom, preto najčastejšie zasiahne najvyššie a najvodivejšie objekty. Vyčnievajúce body nad okolím sú preto za búrky najnebezpečnejšie. Nebezpečné sú predovšetkým vyvýšené objekty, čo však nevylučuje možnosť, že blesk udrie aj do nižšie položenej vodivej plochy. Kovové zábradlia na balkónoch sú vhodným vodičom, aj keď prípad tohto blesku nie je najtypickejší, lebo neudrel na najvyššom bode, ktorým je hromozvod.

Blesk na balkóne. **Jaroslav Patuč, Žilina:** *„Keď som popoludní 13. 7. 2008 natáčal fotoaparátom (Canon PowerShot A620) búrku z môjho okna, bol som 'obdarený' bleskom, ktorý udrel do balkónu panelaka oproti mne. Zatiaľ som poslal (mailom) foto blesku svojim známym s varovaním, aby neboli na balkóne počas búrky. Teraz som sa rozhodol ako dlhoročný odberateľ časopisu Kozmos nenechať natočenie úkazu len pre seba. Posielam vám dokumentáciu scény prírodného úkazu a foto blesku.“* **jaropat@gmail.com**

Lacno predám fotoojektívy Carl Zeiss Jena Tessar 4,5/300, Apo Germinal 9/450 mm a achromatický objektív s priemerom 200 mm a ohniskom 2500 mm, ďalej optické sklá BK 7 a F 2 Schott Jena kotúče s priemerom 250 mm a hrúbkou 65 a 45 mm a kalibre na výrobu objektívov s ohniskom 2500 a 1500 mm. Tel. 02/628 22 05.

Predám Newton 150/F 1200 s ovládaním 10,500. Ďalej predám brúsne prášky rôzneho zrna, montáže pre astrofoto na menšie typy ďalekohľadov, rôzne mechanické diely a elektroniku. Treba vidieť. Cena dohodou. Cyril Hodas, Rosina 174, 01322 Žilina.

Medzinárodná konferencia o výskume premenných hviezd

Začiatkom decembra sa stretávajú astronómovia na Sninských rybníkoch. Tradícia to nie je veľmi dlhá. Ešte pred štyrmi rokmi bol seminár Kolos pracovným stretnutím tímu budovateľov Astronomického observatória na Kolonickom sedle. Dnes je Kolos medzinárodnou konferenciou, na ktorej značná časť príspevkov je postavená práve na pozorovaniach z Kolonického sedla. Tohto roku privítalo DRZ Vihorlat astronómov v dňoch 4. až 6. decembra 2008. Spoluorganizátormi boli opäť Vihorlatská hvezdáreň v Humennom, Gymnázium v Snine a Neinvestičný fond Teleskop. Podujatie finančne podporila Agentúra na podporu vedy a výskumu v rámci projektu „Vesmír v priamom prenose". Zúčastnilo sa 45 účastníkov z piatich krajín – Slovenska, Česka, Poľska, Maďarska a Ukrajiny.

Spoločná fotografia účastníkov konferencie.

Najviac očakávaným príspevkom bola správa pracovníka Ústavu teoretickej fyziky SAV v Košiciach *D. Bruncka* o stave urýchľovača LHC v CERNe (Európske centrum jadrových výskumov). Lektor sa podieľa na experimente Atlas, ktorý je jedným z hlavných detektorov v najväčšom súčasnom urýchľovači sveta. Išlo teda o informácie „priamo od zdroja". D. Bruncko najprv vysvetlil, čo chcú vedci pomocou urýchľovača zistiť a aký by mohol byť jeho prínos. V druhej časti príspevku sa účastníci dozvedeli o technických aspektoch urýchľovača a príčinách poruchy, ktorá v lete 2008 spôsobila odstavenie aparatúry.

Zvyšok prednáškového programu sa už týkal astronómie. Bol rozdelený do štyroch tematických blokov:

- Pozorovací program na 1-metrovom teleskope – astrofyzikálne pozadie vybraných hviezd
- Výskum premenných hviezd
- Vzdelávanie v astronómii a „hviezdny turizmus"
- AO na Kolonickom sedle ako komplexné astrofyzikálne pozorovacie miesto.

Až 12 príspevkov z celkového počtu 36 bolo priamo postavených na pozorovaniach, ktoré sa vykonali na Astronomickom observatóriu na Kolonickom sedle. Venovaný im bol celý prvý večer konferencie. Najprv v prehľadových referátoch *I. Kudzej a P. Dubovský* z Vihorlatskej hvezdárne predstavili infraštruktúru a pozorovací program na observatóriu. Potom jednotliví výskumníci referovali o tom, čo sa im podarilo z kolonických dát zistiť. *I. Andronov* z Odesskej národnej morskej univerzity hovoril o intermediálnych polaroch pozorovaných v rámci Inter Longitude Astronomy, čo je sieť pozorovacích staníc rozmiestnených v rôznych zemepisných dĺžkach (Kórea, Krym, Slovensko, USA). *S. Udovichenko* z Odesskej národnej univerzity predstavil predbežné výsledky malej odessko-kolonickej kampane na hviezde DM Cyg. Cieľom bolo štúdium už sto rokov nevysvetleného tzv. Blažkovho efektu. Ukazuje sa, že u uvedeného objektu je efekt menší, ako sa čakalo. *Š. Parimucha* hovoril o výskume štvorhviezdneho systému VW LMi a o štyroch nových premenných hviezdach, ktoré boli objavené na snímkach získaných na Astronomickom observatóriu na Kolonickom sedle. *I. Solovjová*, doktorandka Odesskej národnej univerzity, predstavila pokračovanie svojej diplomovej práce, ktorá sa týkala štruktúry akréčneho disku v systéme EM Cyg. Analýza unikátnej série dát získanej v roku 2007 okrem iného ukazuje, že sekundárna zložka nemôže byť červeným trpaslíkom, ale je to podobor spektrálneho typu K5. Dlhý večer zakončil *L. Hric* z Astronomického ústavu SAV informáciou o tvorbe akréčneho disku u symbiotickej novy RS Oph dva roky po výbuchu. Prednášku doplnil aj všeobecnými poznatkami o jave flickeringu.

Piatok bol venovaný prednáškam o výskume premenných hviezd všeobecne. *I. Andronov* v niekoľkých príspevkoch popísal matematické a štatistické metódy používané pri analýze dát vrátane dvoch programov, ktoré umožňujú tieto metódy prakticky aplikovať. *T. Mišeninová* z Odesskej národnej univerzity rozprávala o hviezdach typu BY Dra a súčasne navrhla niekoľko objektov do pozorovacieho programu na AO Kolonické sedlo. Zaujímavé boli príspevky maďarských kolegov z Astronomického observatória v Baji. *Z. Kiss* sa venoval modelovaniu formovania sa hviezd a *T. Hegedüs* opísal experiment BART, čo je robotický teleskop pracujúci na observatóriu v Baji. V ďalších príspevkoch *J. Zverko* z Astronomického ústavu SAV vysvetlil, ako môžu chemicky pekuliárne hviezdy produkovať fotometricky merateľné zmeny jasnosti a *J. Janík* z Masarykovej univerzity v Brne oboznámil o výsledkoch svojej pozorovateľskej stáže v Turecku.

Programovo bohatý bol aj posledný deň konferencie venovaný vzdelávaniu v astronómii. Boli predstavené veľké popularizačné projekty. *K. Petrík* zo spoločnosti Pansophia predstavil už realizovaný projekt Popularizácie prírodných vied a *R. Bury* predstavil pripravovaný turisticko-astronomický projekt Karpatské nebo, ktorého predkladateľom je Vihorlatská hvezdáreň. *I. Kudzej* upozornil na niektoré formy popularizácie astronómie v Južnej Amerike, ktoré si všimol počas svojich ciest. *I. Lazorová* z Gymnázia v Snine predstavila svoju najnovšiu prácu o alternatívnych metódach vyučovania astronómie na slovenských gymnáziách. *J. Jagla* informoval o vzdelávaní mladých ľudí v Mládežníckom astronomickom observatóriu (MOA) v Niepolomicach v Poľsku a *J. Universal s manželkou* v peknej prezentácii predviedol sieť školských a súkromných hvezdární, ktorá postupne zapĺňa mapu Poľska. Firma Uniwersal vyrába pre tieto observatória kupoly a dodáva astronomické prístroje.

Záver konferencie patril dvom príspevkom, ktoré sa týkali Astronomického observatória na Kolonickom sedle ako komplexného astrofyzikálneho pozorovacieho miesta. Konkrétne dvoch projektov, ktoré sa majú rozvinúť v budúcnosti. *N. Koshkin* z Odesskej národnej univerzity predstavil program pozorovania umelých družíc Zeme. *J. Gorbanev* podrobne popísal najmodernejšie metódy, ktoré na Astronomickom observatóriu Odesskej národnej univerzity používajú pri pozorovaní meteorov.

Konferencia mala napriek hustému programu aj svoju oddychovejšiu časť. Účastníci najprv navštívili národnú kultúrnu pamiatku – pravoslávny drevený kostolík v Ruskom potoku. Potom exkurzia pokračovala na Astronomické observatórium na Kolonickom sedle. Tu si účastníci so záujmom prezreli novinky, ktoré sa objavili za posledný rok. Klimatologické kontajnery Slovenského hydrometeorologického ústavu, prednáškový pavilón PUB, diaľkové ovládanie jednotlivých teleskopov prostredníctvom počítačovej siete, automatické zaostrovanie na metrovom teleskope a ďalekohľade Púpava. Skupina z maďarského observatória v Baji bola na Kolonickom sedle prvý raz, preto absolvovala kompletnú exkurziu po všetkých prístrojoch.

Celý piatkový večer bol venovaný cestovateľským zážitkom. Astronómovia radi cestujú po svete. Prekvapujúce bolo, že až štyria účastníci konferencie navštívili za posledný rok tie isté krajiny andskej oblasti Južnej Ameriky. *M. Bartolomejová* sa vo svojej prezentácii zamerala na Machu Picchu. *I. Kudzej* pochodil Peru, Bolíviu a Chile. *Ľ. Urbančok* dostal ako cenu za víťazstvo v jednej zo súťaží stredoškolských študentov návštevu Európskeho južného observatória (ESO), konkrétne observatórií na La Silla a Cerro Paranal.

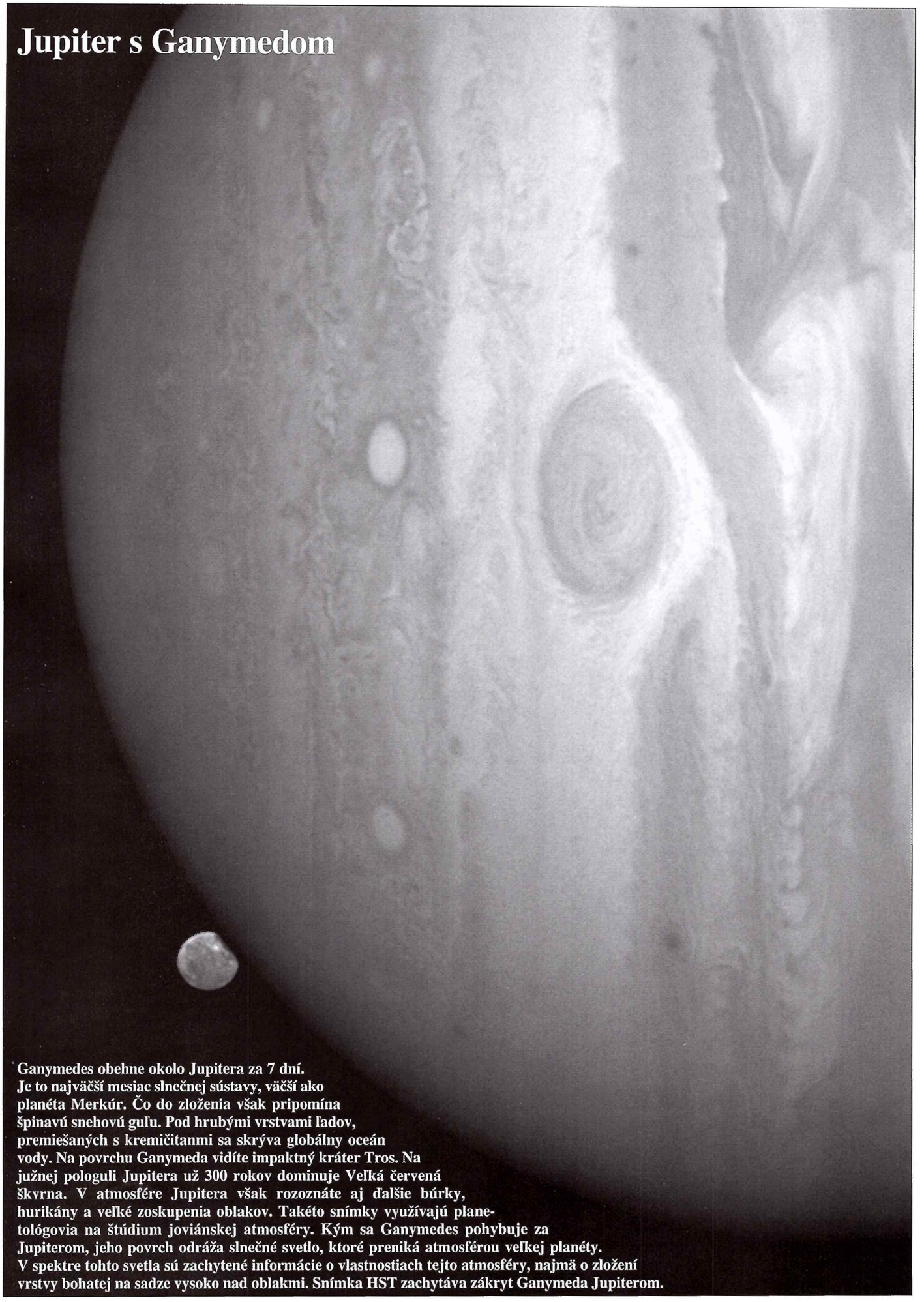
Závery konferencie KOLOS 2008

Konferencia KOLOS 2008 priniesla ďalšie rozšírenie pozorovacieho programu Astronomického observatória na Kolonickom sedle. Ide o hviezdy typu BY Dra. Zoznam vhodných objektov pripraví *T. Mishenina* z Astronomického observatória Odesskej národnej univerzity. Veľký pokrok sa chystá v oblasti pozorovania meteorických rojov. Vihorlatská hvezdáreň má bohaté skúsenosti s klasickým pozorovaním meteorov vizuálnou metódou. V Odesse išli cestou objektívnej elektronickej detekcie meteorov cez širokouhlé objektívy a ďalekohľady na televízne CCD kamery. Výstupom konferencie je dohoda o budovaní jedného takéhoto zariadenia na Astronomickom observatóriu na Kolonickom sedle a druhého na hvezdárni v Roztokoch.

Najväčší význam konferencie vystihol vo svojom záverečnom slove riaditeľ Vihorlatskej hvezdárne v Humennom *I. Kudzej*. Podľa jeho slov najväčším prínosom takýchto stretnutí sú medziľudské kontakty. Dnešné informačné a komunikačné technológie umožňujú výmenu všetkých informácií potrebných pri vedeckom výskume aj na diaľku. Napriek tomu ešte stále nie je možné nahradiť priamy kontakt, rozhovor so živým človekom, atmosféru miesta stretnutia, diskusie na neastronomické témy. Preto sa tešíme na ďalší ročník Kolosu, na stretnutie s pravidelnými účastníkmi, aj s tými novými, ktorým zachutí očarujúce prostredie pod Vihorlatom.

Pavol Dubovský,
odborný pracovník Vihorlatskej hvezdárne

Jupiter s Ganymedom



Ganymedes obehne okolo Jupitera za 7 dní. Je to najväčší mesiac slnečnej sústavy, väčší ako planéta Merkúr. Čo do zloženia však pripomína špinavú snehovú guľu. Pod hrubými vrstvami ľadov, premiešaných s kremičitanmi sa skrýva globálny oceán vody. Na povrchu Ganymeda vidíte impaktný kráter Tros. Na južnej pologuli Jupitera už 300 rokov dominuje Veľká červená škvrna. V atmosfére Jupitera však rozoznáte aj ďalšie búrky, hurikány a veľké zoskupenia oblakov. Takéto snímky využívajú planetológovia na štúdium joviánskej atmosféry. Kým sa Ganymedes pohybuje za Jupiterom, jeho povrch odráža slnečné svetlo, ktoré preniká atmosférou veľkej planéty. V spektre tohto svetla sú zachytené informácie o vlastnostiach tejto atmosféry, najmä o zložení vrstvy bohatej na sadze vysoko nad oblakmi. Snímka HST zachytáva zákryt Ganymeda Jupiterom.

CELESTRON

NexStar® SLT

Nová revolučná technológia SkyAlign od Celestronu

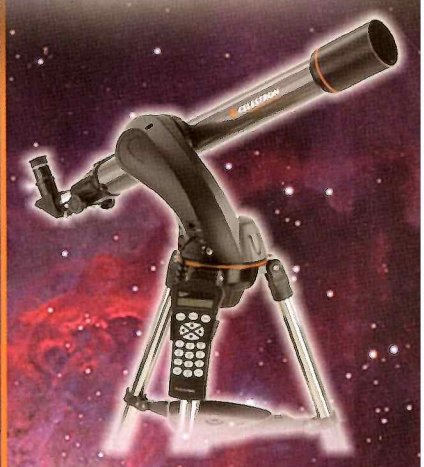
Vyhľadávanie objektov na oblohe nebolo nikdy jednoduchšie!!!

Pomocou patentovanej technológie SkyAlign stačí keď ďalekohľadu pri nastavní zadáte súradnice, dátum, čas a ukážete tri objekty na nočnej oblohe /pričom môžete ukázať aj Mesiac alebo planétu/ a teleskop sa jednoducho zorientuje a pripraví na to aby vám vyhľadal a ukázal takmer všetko, čo môžete v danom čase na oblohe pozorovať.

Easy as 1-2-3!

SkyAlign™

Ďalekohľady Celestron NexStar sú navrhnuté s dôrazom na jednoduchosť a efektívnosť obsluhovania. Jedoducho tak, aby vám poskytli maximum bez zložitého nastavovania, montovania a adjustovania. Masívna oceľová montáž zabezpečuje stabilitu a tým excelentý obraz aj pri veľkých zväčšeniach. Elektronika ďalekohľadu môže byť napájaná z sieťového zdroja 220/12V, batérií, autobatérie, alebo napájacieho zdroja Celestron PowerTank.



- Ručný ovládač s viac ako 4000 objektami
- Rýchle skladanie a montovanie
- SkyAlign na bezproblémové nastavenie
- PC softvér The Sky L1
- Napájanie z batérií, siete, alebo ext. zdroja
- Masívny oceľový statív
- Hľadáčik s červeným bodom
- Port na pripojenie externého zariadenia
- Motorická azimutálna montáž s GoTo
- Záruka 2 roky

MODEL	NÁZOV	PRIEMER	OHNISKO	OKULÁRE	HMOTNOSŤ
22076	NexStar 60 SLT	60 mm	700 mm, f/12	25 mm (28x) a 9 mm (78x)	4,31 kg
22086	NexStar 80 SLT	80 mm	900 mm, f/11	25 mm (36x) a 9 mm (100x)	6,35 kg
22096	NexStar 102 SLT	102 mm	660 mm, f6.5	25 mm (26x) a 9 mm (73x)	6,35 kg
31143	NexStar 114 SLT	114 mm	1000 mm, f/9	25 mm (40x) a 9 mm (111x)	6,80 kg
31145	NexStar 130 SLT	130 mm	650 mm, f/5	25 mm (26x) a 9 mm (62x)	8,16 kg

THE UNIVERSE YOURS TO DISCOVER

INTERNATIONAL YEAR OF ASTRONOMY 2009

Spoločnosť Celestron je medzinárodným sponzorom IYA 2009.
Pri kúpe ktoréhokoľvek ďalekohľadu NexStar SLT dostanete červené svietidlo v hodnote 18,25€ / 550SK **zadarmo.**

Celestron Klub: Zážitky a foto výhercu pobytu na Lomickom Štíte nájdete na www.tromf.sk

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

TROMF®

TROMF BANSKÁ BYSTRICA, PARTIZÁNSKA 80 TEL.: 048/4142332
MAIL: INFO@CELESTRON.SK, KONVERZNÝ KURZ 1€ = 30,1260SK
WEB: WWW.CELESTRON.SK, ISHOP: WWW.TROMF.EU, CELESTRON KLUB: KLUB.CELESTRON.SK

UŽ VO FEBRUÁRI ŽREBUJEME Z ČLENOV CELESTRON KLUBU ĎALŠÍ POBYT NA LOMNICKOM ŠTÍTE!!! NEVÁHAJTE A PRIHLÁSTE SA