POVĚTROŇ

Královéhradecký astronomický časopis

číslo **3/2004**
ročník **12**

Vyhlášení soutěže Foto ASHK 2004

Martin Cholasta

ASHK vyhlašuje další ročník soutěže *Foto ASHK 2004*. Téma fotografií by se mělo vztahovat k astronomii, hvězdárnám, dění v ASHK, dalekohledům a jiným astronomickým přístrojům. Vítány jsou zejména astronomické fotografie, snímky úkazů na obloze, nebo různých halových jevů.

Této soutěže se mohou zúčastnit jak členové, tak i nečlenové ASHK. Každý účastník může do soutěže přihlásit maximálně tři fotografie (nebo foto z DIA) formátu 13 cm × 18 cm nebo 24 cm × 30 cm. Snímky musí být pořízeny v roce 2004 nebo v posledních dvou měsících roku 2003. Autor musí mít k dispozici negativ nebo diapozitiv, aby bylo možno fotografii rozmnožit. Soutěž proběhne na listopadovém setkání ASHK a vyhlášení výsledků proběhne na prosincovém setkání ASHK.

Vítěz soutěže získá triedr 10×50. Druhé a třetí místo bude oceněno sadou filmů. Těšíme se na hojnou účast.

Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové — červen 2004

Otvírací dny pro veřejnost jsou středa, pátek a sobota. Od 20:00 se koná večerní program, ve 21:30 začíná večerní pozorování. V sobotu je pak navíc od 15:00 pozorování Slunce a od 16:00 program pro děti. Podrobnosti o jednotlivých programech jsou uvedeny níže. Vstupné 10,– až 35,– Kč podle druhu programu a věku návštěvníka. Změna programu vyhrazena.

Pozorování Slunce soboty v 15:00
projekce Slunce dalekohledem, sluneční skvrny, protuberance, sluneční aktivita, při nepříznivém počasí ze záznamu

Program pro děti soboty v 16:00
letní hvězdná obloha s astronomickou pohádkou **Drak** v planetáriu, starší dětské filmy, ukázka dalekohledu, při jasné obloze pozorování Slunce

Večerní program středy, pátky a soboty v 20:00
letní hvězdná obloha v planetáriu, výstava, film, ukázka dalekohledu, aktuální informace s využitím velkoplošné videoprojekce

Večerní pozorování středy, pátky a soboty ve 21:30
ukázky zajímavých objektů večerní oblohy, *jen při jasné obloze!*

Přednášky
sobota 5. 6. v 18:00 — **Přechod Venuše přes Slunce** — Mgr. Jan Veselý, HPHK
čtvrtek 17. 6. v 18:30 — **Subsaharská Afrika očima Evropana** — PaedDr. Hana Novotná, UHK

Mimořádné pozorování úterý 8. 6. 7:00–13:00
Přechod Venuše přes Slunce (na hvězdárně a na Velkém náměstí), *jen při jasné obloze!*

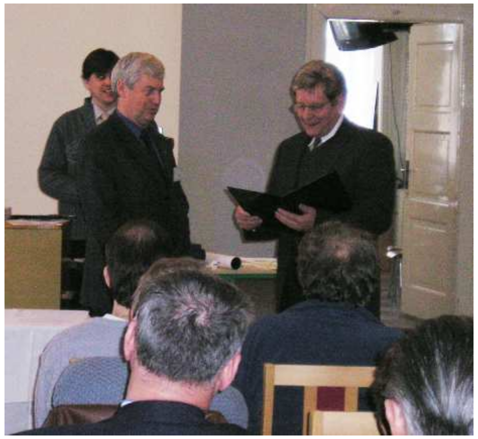
Výstava po – pá 9–12 a 13–15, st a pá též 20, so 15 a 20
Houby v kresbách a publikacích Miroslava a Františka Smotlachových

Obsah

strana

Obr. 1 — Sekvence deseti záběrů na jedno políčko zachycující konec úplného zatmění Měsíce 4. 5. 2004. Hvězda viditelná asi 1,5° nad Měsícem je Zubenelgenubi (α Librae). Použitý objektiv Pentacon 4/200, fotoaparát Praktica LC, materiál Konica Chrome 100, expoziční doby 3 s s odstupem 4 min, přičemž první snímek byl pořízen ve 20 h 44 min 0 s UT. Foto Miroslav Brož.

Titulní strana: Pohled na město Litomyšl z Gymnázia Aloise Jiráska, portrét Zdeňka Kopala a jeho pomník v Havlíčkově ulici. Socha, kterou vytvořili Federico Diaz a Marián Karel, má připomínat hlavní téma Kopalova výzkumu: těsné dvojhvězdy, jejichž kapkovité složky, obíhající okolo společného těžiště, mohou částečně nebo úplně zakrývat jedna druhou. V dlažbě je běžícím světelným textem vyznačen půdorys dnes neexistujícího rodného domu. Za tmy se text odráží na dvojhvězdě, což symbolizuje tok energie a hmoty mezi hvězdami. Dvojhvězda je navinuta z uhlíkových kompozitních vláken, tedy moderního materiálu, který se používá při konstrukci kosmických raket. V této souvislosti vzpomeneme Kopalův podíl na projektu Apollo.



Obr. 29 — Jan Janeček (starosta Litomyšle), Jiří Grygar a Štěpán Kovář.

Obr. 30 — Na snímku klášterních zahrad v Litomyšli se zdá, že „zejí prázdnotou“, ale během čtyř večerů a nocí je navštívilo jistě přes tisíc zájemců o pozorování hvězdné oblohy z improvizované hvězdárny. Mohli využít tří dalekohledů Somet Binar 25×100, Dobsona o průměru 30 cm a také velký stan, v němž se promítaly dokumentární filmy s astronomickou tématikou. Zahrady se sice nacházejí v samém centru města, ale během pozorování byly zhasnuty blízké lampy pouličního osvětlení, které by jinak stanoviště přímo oslňovaly. Návštěvníci tak mohli na obloze shlédnout „defilé“ planet Venuše, Mars, Saturn a Jupiter, Měsíc a samozřejmě i slabší objekty jarní večerní oblohy. Příjemné diskuse se většinou protáhly do 23. nebo 24. hodiny. Na organizaci hvězdárny se mimo jiné podíleli tito astronomové z Úpice a z Hradce Králové: Leon Miš, Josef Rumler, Richard Lacko, Karel Bejček, Michaela Havrdová a Miroslav Brož.

Abstrakty jednotlivých referátů lze najít v [1]. Referáty byly rozděleny do následujících skupin: 1. Extrasolární planety, 2. Disky, 3. Hvězdy a galaxie, 4. Planety, 5. Asteroidy a TNO, 6. Techniky, 7. Satelity a prstence.

1. Extrasolární planety

Franck aj. studovali obyvatelnost extrasolárních planetárních systémů okolo hvězd 47 UMa a 55 Cnc. Nepoužili přitom tradiční definici *obyvatelné zóny* (jejíž vnitřní hranice bývá určována vypařením povrchové vody překotným skleníkovým jevem a vnější jejím zamrznutím), nýbrž aplikovali jednorozměrný klimatický model, do kterého samozřejmě museli dosadit dlouhodobý orbitální vývoj uvažovaných planet, změny zářivého výkonu mateřských hvězd, atd. (Jones aj., 2003; Noble aj., 2002; Gozdziewski, 2002). Výsledky naznačují, že v systémech 47 UMa i 55 Cnc mohou existovat obyvatelné planety zemského typu, ale většinou pro ně vychází malá nebo nulová plocha kontinentů (jde o tzv. vodní světy) [31].

Laskar upozornil, že použitý klimatický model je zřejmě ještě příliš jednoduchý (málorozměrný), protože uvažuje pouze celkovou plochu kontinentů a nikoli tvar jejich pobřeží, od něhož se odvíjí intenzivnost eroze, zalednění, atd.

2. Disky

Morbidelli aj. prezentovali výsledky numerických simulací orbitálního vývoje velkých planet sluneční soustavy a jejich interakcí s diskem planetesimál bez plynu (Gomes aj., 2004). (Současná výpočetní technika umožňuje počítat modely s řádově 10 000 masivními planetesimálami.) Taková situace pravděpodobně existovala řádově mezi 10 miliony až 100 miliony let po vzniku Slunce. Planety kvůli disku migrují (především se zvětšují velké poloosy jejich drah), disk je přítomností planet rozptylován. Úspěšný model by měl vysvětlit současnou polohu drah planet, pozorovanou nízkou koncentraci těles v Kuiperově pásu a jeho okraj v $\sim$50 AU, skutečnost, že dnes již neexistují žádná planetární embrya, která ale v minulosti existovat musela, protože jinak by nemohla vzniknout jádra velkých planet, apod.

Zdá se, že tyto podmínky může splnit model se středně hmotným diskem ($50\,M_\oplus$), jenž má okraj mezi 30 až 35 AU. Nucená migrace Neptunu zcela přirozeně ustane v místě tohoto okraje. Kuiperův pás nebyl nikdy v minulosti masivní — tělesa se do něj dostávala z disku gravitačním rozptylem na planetách a adiabatickým zachycováním těles ve 2:1 rezonanci s Neptunem (která migruje vně spolu s planetou). Tímto mechanismem lze vysvětlit dynamicky horkou i chladnou populaci, tj. tělesa s vysokými i nízkými excentricitami a sklony (Gomes, 2003; Levison a Morbidelli, 2003).[1]

[1] V minulosti se uvažovalo o migraci způsobené těsnými přiblíženími velkých planet, např. pokud by Uran a Neptun vznikly mezi Jupiterem a Saturnem (Thommes aj., 2002). Nyní se zdá, že tento model platný není, protože systémy regulárních satelitů, které dnes pozorujeme, by při takovém přiblížení obří planety byly rozptýleny.

Dění na obloze v červnu až srpnu 2004

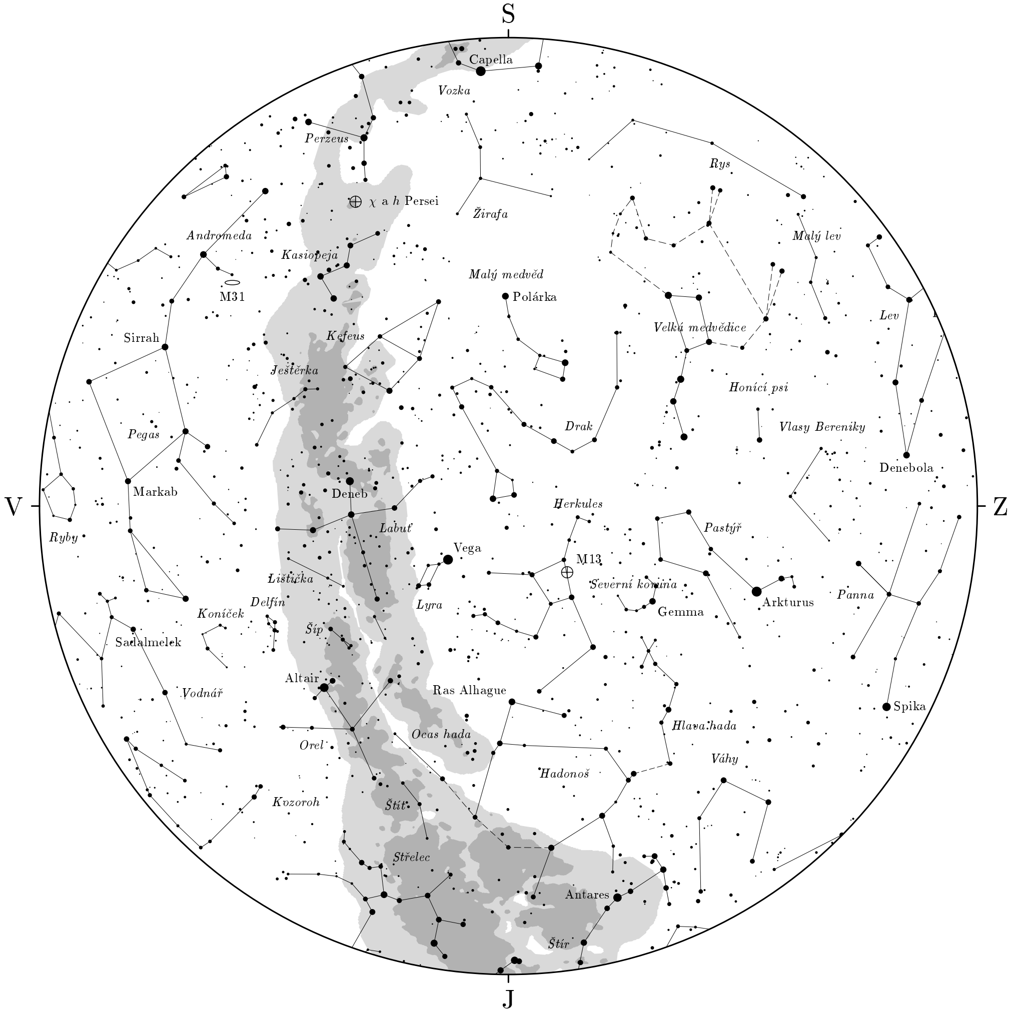
Miroslav Brož

Nejpozoruhodnějším úkazem nadcházejícího období je bezpochyby přechod Venuše přes Slunce 8. 6. 2004 (viz článek na str. 28).

Dne 21. 6. v 1 h 57 min SEČ začíná astronomické léto.

Z výrazných konjunkcí jmenujme přiblížení Měsíce, Venuše a Aldebarana večer 13. 7. a seskupení Castora, Polluxe, Saturna, Měsíce a Venuše ráno 12. 8.

Maximum meteorického roje Perseid nastává 12. 8. okolo 5. hodiny ranní.



Obr. 28 — Mapka oblohy pro 15. červenec 22 hodin SEČ.

Raymond aj. studovali závěrečné fáze akrece planet a zaměřili se na přenos těkavých látek, zejména vody, z vnějších částí soustavy k terestrickým planetám.[2] Ještě před několika lety se předpokládalo, že voda byla na Zemi dopravena později kometami, při jejichž impaktech se uvolnila horká vodní pára a ta poté kondenzovala v oceány. Jenže ze změřeného podílu deuteria v kometách a v pozemských oceánech (Bockelée-Morvan aj., 1998) je jasné, že z kometárního zdroje může pocházet nejvýše 10 % vody na Zemi. Morbidelli aj. (2000) proto navrhli, že podstatná část vody pochází z asteroidálního pásu a do oblasti Země se dostala velmi brzy v podobě několika velkých „vlhkých“ planetárních embryí; dlouhou dobu poté pokračovalo bombardování malými tělesy.

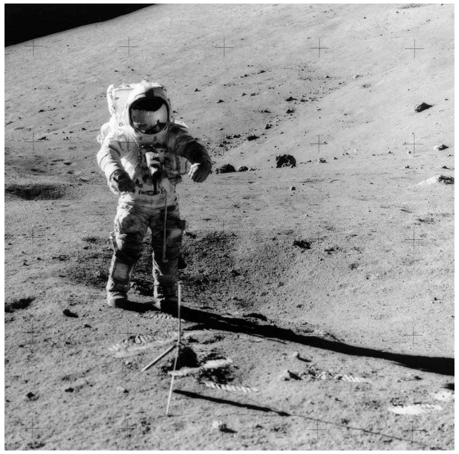
V této práci autoři zjistili, že vytváření terestrických planet je stochastický (náhodný) proces, při němž mohou vzniknout planety s velkým rozsahem hmotnosti nebo obsahu vody. V simulacích byly kromě terestrických planet zahrnuty i velké plynné planety podobné Jupiteru — je patrné, že vyšší excentricita těchto velkých planet vede k sušším terestrickým planetám. Asi ve čtvrtině případů vznikla terestrická planeta ve vzdálenosti 0,9 až 1,1 AU (obr. 14). Takové planety mohou vzniknout dokonce i vně horkých jupiterů, tedy velkých planet obíhajících v těsné blízkosti mateřských hvězd [29].

J. Laskar přednesl přehledovou přednášku o dlouhodobém vývoji rotačních os terestrických planet. Laskar a Robutel (1993) zjistili, že rotační stavy planet se mohly v minulosti vyvíjet chaoticky a sklony os vůči rovinám oběžných drah se mohly měnit až o desítky stupňů. Tehdejší model však uvažoval pouze konzervativní gravitační síly a Newtonovskou mechaniku. Nové modely již počítají s relativistickými efekty a s disipací energie. Parametry disipativních procesů, zvláště těch, které se odehrávají v nitrech planet, však bývají špatně určeny.

Pro Zemi zřejmě hrají roli: i) slapové tření, ii) tření mezi jádrem a pláštěm (Pais aj., 1999) a iii) změny rozdělení vody a ledu na povrchu a s tím související odezva zemského tělesa (tzv. klimatické tření; Ida aj., 1995; Imbrie a Imbrie, 1980). Velké změny v orientaci rotační osy Země se však v minulosti odehrávat nemusely — indikace zalednění v tropických oblastech Země lze vysvětlit kontinentálním driftem a změnami obsahu oxidu uhličitého v atmosféře.[3]

[2] Terestrické planety nacházející se blízko mateřské hvězdy musely být krátce po vzniku suché, neboť „sněhová čára“, tedy hranice za níž mohl existovat vodní led, byla asi ve 3 AU.

[3] Jedno celoplanetární zalednění (fáze sněhové koule) je prokázáno prekambrickými ledovcovými usazeninami a velkým vyhynutím organismů (asi před 550 miliony roků). Kupodivu bylo toto zalednění zřejmě významným impulsem pro další vývoj života, neboť přeživší organismy byly v chladné fázi schopné omezit změny energie a po oteplení jim zbývalo dost energie na to, aby začaly vytvářet vápnité schránky. Vázání atmosférického CO_2 a jeho ukládání ve formě sedimentů $CaCO_3$ je přitom důležitým mechanismem, jak mohou živé organismy ovlivňovat množství CO_2 v atmosféře, a tím intenzivnost skleníkového efektu, celkovou radiační bilanci planety a ve svém výsledku teplotu na jejím povrchu. Funguje zde dynamická rovnováha: při zvýšení teploty se více rozmnoží organismy, které uloží více $CaCO_3$, čímž klesne množství skle-



Obr. 27 — Cernan na Měsíci. Foto NASA.

Přečetli jsme si

Ondřej Pejcha

Melbourne a Guhathakurta určovali $R_V = A_V/E(B-V)$ (tj. poměr celkové extinkce v daném fotometrických pásmu k selektivní extinkci ve dvou sousedních pásmech) pomocí kulových hvězdokup, které jsou nestejnoměrně zčervenané. Běžně uvažovaná hodnota je $R_V = 3{,}1$, v článku je uvedena hodnota ($3{,}0 \pm 0{,}4$). (astro-ph/0404009)

Briceno aj. studovali nově se objevivší McNeilovu mlhovinu poblíž M 78. Na základě snímků ve filtru Ic se autoři domnívají, že mlhovina vznikla rozptylem světla na prachu a plynu v okolí objektu, který je zřejmě typu FU Ori. Odpovídá tomu zpožděné zjasnění mlhoviny. (astro-ph/0404012)

T. Liolios prezentuje volně dostupný kód pro jednorozměrné modelování hvězdného vývoje, vybavený možností kreslit zajímavé obrázky v Pgplotu (H-R diagram, obsah různých prvků apod.). (astro-ph/0404070)

G. Sigl podává přehled současných problémů při výzkumu částic kosmického záření s ultravysokou energií. (astro-ph/0404074)

Wozniak, McGowan a Vestrand studovali rychlé změny v miridách použitím dat z prohlídky OGLE II (ve filtru I). Nezjistili žádné případy rychlých změn. Horní limit frekvence takových událostí je jedna událost za 26 let na jednu hvězdu. To je v rozporu s prací založenou na datech z družice Hipparcos, ve které autoři objevili hodně rychlých změn v miridách.[7] (astro-ph/0404147)

[7] Podobné výsledky ukazují i data od Ládi Šmelcera, ve kterých jsem objevil několik málo kandidátů na rychlá zjasnění mirid (viz diskuse na VSNETu), ale posléze se prohlídkou originálních snímků ukázalo, že všechny podezřelé případy (až snad na jeden, ale to může být horký pixel) jsou způsobeny překlepem, mraky a podobnými efekty. Podle mého názoru se potvrzuje, že fotometrickým měřením družice Hipparcos se nedá příliš věřit.

Merkuru během svého chaotického vývoje překračuje rezonanci 3:2 mnohokrát a pravděpodobnost záchycení je pak přirozeně vysoká (tab. 2).

$P_{1/1}$	2,2 %
$P_{3/2}$	55,4 %
$P_{2/1}$	3,6 %

Tab. 2 — Pravděpodobnosti záchycení Merkuru ve spin-orbitálních rezonancích podle Correia a Laskar (2004).

Tsiganis aj. studovali migraci velkých planet v planetesimálním disku o hmotnosti 50 $M_\oplus$ a poloměru 30 AU. Předpokládali, že na počátku byly všechny velké planety v kompaktní konfiguraci (do 15 AU) a migrovaly jen pomalu. Při odlišných rychlostech migrace však může dojít k záchycení planet v rezonancích (např. v rezonanci 1:2 středních pohybů Jupitera a Saturnu), čímž se zvýší excentricity jejich drah, planety začnou silněji rušit dráhy planetesimál a začne období rychlé migrace.

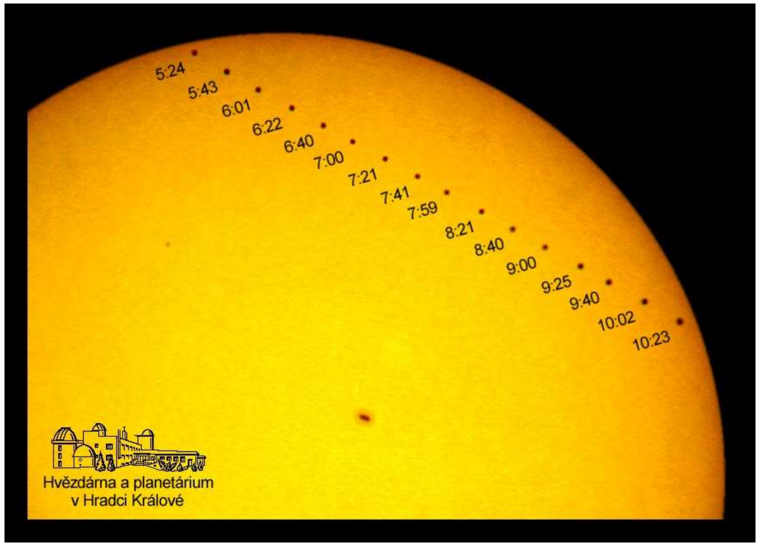
Pokud první klidná fáze trvala přibližně 600 milionů let a druhá fáze asi 100 milionů let, je možné tímto způsobem vysvětlit pozdní velké bombardování (Late Heavy Bombardment, LHB), které je prokázáno například z obrovského počtu měsíčních impaktních kráterů starých okolo 3,85 miliardy let. Problémem modelu je skutečnost, že 1J = 2S rezonance je příliš silná a působení velkých planet pak vede k přílišnému úbytku těles v hlavním pásu asteroidů a v oblasti Trojanů. (Nezapomeňme, že modely mají správně vysvětlit dnes pozorované populace.) Snad tedy hrála roli některá ze slabších rezonancí, např. Saturnu s Uranem nebo Neptunem.

Nesvorný a Bottke podrobně studovali skupinu asteroidů Karin, jednu ze čtyř kompaktních skupin v hlavním pásu objevených Nesvorným aj. (2003). Soudí se, že tyto skupiny (identifikované v prostoru vlastní velká poloosa a_p, vlastní excentricita e_p a vlastní sklon i_p) jsou pozůstatkem po nedávných srážkách mezi asteroidy — dráhy jejích členů se v určitém okamžiku v minulosti k sobě těsně přibližují. V případě Karin konvergují délky výstupných uzlů (Ω) a délky perihelů (ϖ) v intervalu o velikosti 40°, a to před 5,8 Myr [5], což se považuje za „datum“ oné kolize (obr. 3).

Nově se podařilo prokázat, že na asteroidy působí Jarkovského síla[6] — jakmile autoři užili model se započtením Jarkovského síly, výše zmíněná konvergence Ω

[5] V textu užíváme yr jako jednotku času 1 rok, se standardními násobky; Myr je milion roků, Gyr miliarda roků.

[6] Jarkovského síla vzniká při absorpci slunečního záření a neizotropní reemisi této energie v infračerveném oboru. Podle rotačního stavu a tepelných parametrů tělesa se tím může dlouhodobě zvětšovat nebo zmenšovat orbitální energie, a tím i velká poloosa dráhy.



Obr. 26 — Přechod Merkuru přes Slunce 7. května 2003. Fotografováno v projekci na stínítko přes refraktor 200/3 500 aparátem Olympus Camedia C–2020 Zoom. Časové údaje jsou uvedeny v UT. Foto Jan Veselý.

[1] Dušek, J. *Přechod Venuše přes Slunce* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://venuse.hvezdarna.cz`⟩.
[2] Espenak, F. *2004 transit of Venus* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/OH/transit04.html`⟩.
[3] Martinelli, F. *Transit of Venus 8th June 2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://www.nauticoartiglio.lu.it/almanacco/trans_venus_en.htm`⟩.
[4] Mignard, F. *The solar parallax with the transit of Venus* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://wwwrc.obs-azur.fr/cerga/mignard/TRANSITS/venus_contact.pdf`⟩.
[5] Rocher, P. *Venus transit background* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://www.vt-2004.org/Background/Infol2/EIS-B4.html`⟩.
[6] van Roode, S. M. *Halley's method of durations. Its history and appliance* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://home.hetnet.nl/~smvanroode/venustransit/eng/halleysmethod.pdf`⟩.
[7] van Roode, S. M. *The transit of Venus and the solar parallax* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://home.hetnet.nl/~smvanroode/venustransit/eng/eng_parallax.html`⟩.
[8] *Venus transit 2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://www.vt-2004.org`⟩.
[9] *Venus transit 2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://vt-2004.astro.cz`⟩.
[10] *Venus transit 2004 Sun-Earth day* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://sunearth.gsfc.nasa.gov/sunearthday/2004/vt_edu2004_venus_912.htm`⟩.
[11] Veselý, J. *Přechod Venuše 8. 6. 2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://venuse.astrohk.cz`⟩.
[12] Veselý, J., Hovorka, F. *Přechod Venuše přes Slunce 8. června 2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~mira/vt-2004/vt2004uc.pdf`⟩.
[13] *VT-2004* [online]. [cit. 2004-05-31]. ⟨`http://vt2004.imcce.fr/vt2004i/Index.php`⟩.

5. Asteroidy a TNO

A. Harris diskutoval možnost, že dráhu nově objevené planetky hlavního pásu budeme chybně považovat za dráhu tělesa, které se za několik dní srazí se Zemí. To se může přihodit asi u 10 % nově objevených těles, pro něž je k dispozici pouze málo astrometrických měření na oblouku krátkém jen několik hodin. Podstatou omylu je záměna vlastního pohybu planetky za paralaktický pohyb, vzniklý pohybem pozorovatele kvůli otáčení Země. Pokud se nejedná o skutečně impaktní dráhu, planetka se druhý den neobjeví v těsné blízkosti místa, kde byla objevena (což lze poměrně snadno zkontrolovat). Příkladem asteroidu, u něhož k uvedenému problému došlo, je AL00667.

W. F. Bottke aj. úspěšně modelovali rozdělení velikostí asteroidů hlavního pásu. Jak se zdá, v jeho vývoji je důležitá jak orbitální dynamika, tak i vzájemné kolize, které podle impaktní rychlosti vedou k akreci nebo fragmentaci. Zkonstruovali proto model s kombinovaných kódem dynamickým (Petit aj., 2001) a kolizním. Museli splnit podmínky dané pozorováním: i) dnešní hlavní pás obsahuje pouze $5 \cdot 10^{-4}$ hmotnosti Země; ii) v rozdělení velikostí těles hlavního pásu jsou patrné vlny; iii) existují velké i malé asteroidální rodiny (známe devět rodin vytvořených z těles o průměru větším než 100 km v posledních 3,5 miliardách let a čtyři malé rodiny, které jsou ale všechny mladší než 100 Myr); iv) asteroid (4) Vesta má neporušenou bazaltickou kůru a na jeho povrchu je vidět jeden obří kráter.

Jako nejpravděpodobnější se jeví následující scénář: planetesimály a planetární embrya akretovaly v hlavním pásu o hmotnosti několika $M_\oplus$ během prvních milionů let. Gravitační poruchy embryí excitovaly zbývající planetesimály a zvýšily kolizní rychlosti, což podnítilo fragmentaci těles. Jakmile Jupiter narostl do své současné hmotnosti, (9 ± 4) Myr po vzniku sluneční soustavy, začal výrazně rušit dráhy všech těles v hlavním pásu a více než 99 % jich bylo rozptýleno. Většina těles se dostala na dráhy s velkou excentricitou a sklonem a po dalších 100 Myr intenzivně bombardovala hlavní pás s vysokými impaktními rychlostmi.

M. Brož aj. se zabývali populací asi sta asteroidů, jež jsou pozorovány v rezonanci 2:1 středního pohybu s Jupiterem. Část těchto těles má velmi nestabilní dráhy a během ~ 10 Myr z rezonance uniknou. To znamená, že ani v minulosti nemohla být v rezonanci dlouhou dobu. Proto byly hledány mechanismy, jak tato tělesa průběžně doplňovat. Autoři testovali hypotézu, že jsou asteroidy posouvány do rezonance působením Jarkovského jevu. Uvažovali tyto zdroje rezonančních asteroidů: rodinu Themis, rodinu Hygeia a populaci pozaďových asteroidů.

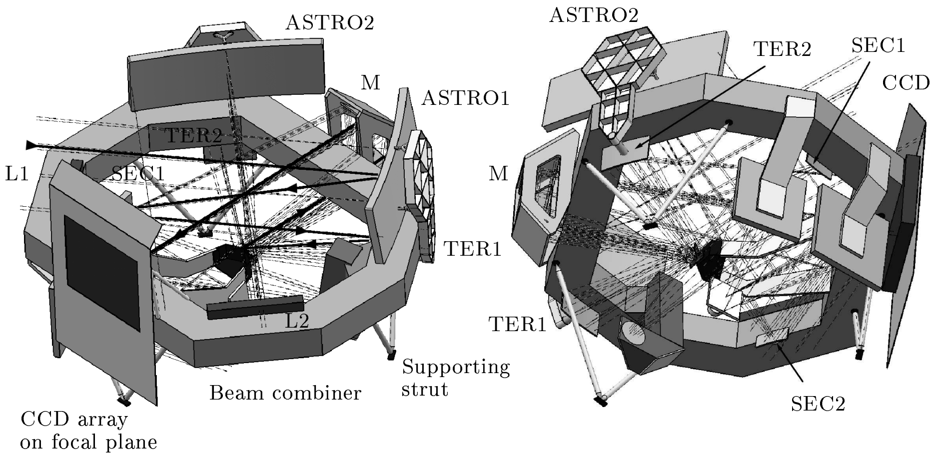
Zkonstruovali počítačový model a ověřili: i) že se tělesa vyvíjejí ze zdroje podél drah podobných nestabilním rezonančním asteroidům (obr. 13); ii) že odpovídá jejich rozdělení životních dob v rezonanci; iii) že se změní rozdělení velikostí těles ze zdrojové populace, když se dostávají na rezonanční dráhy (obr. 5). Nakonec ze známého počtu zdrojových těles vypočetli, že nestabilní populace by měla

Přechod Venuše přes Slunce

Jan Veselý

Tak jsme se konečně dočkali! Po dlouhých 122 letech se 8. června 2004 dostane Venuše přesně mezi Zemi a Slunce a pozorovatelé ze Země uvidí přechod Venuše přes Slunce. Jedná se o úkaz velmi vzácný: pozorován byl dosud jen pětkrát. Johannes Kepler předpověděl přechod Venuše i Merkura přes Slunce na rok 1631. Tehdy Pierre Gassendi pozoroval přechod Merkuru, ale přechod Venuše pozorovatelům unikl. Následující přechod Venuše přes Slunce nastal v roce 1639. Úspěšně jej pozorovali Angličané Crabtree (kvůli počasí však jen po dobu deseti minut!) a Horrocks. Ten zakreslil polohu a zdánlivou velikost Venuše, jež byla překvapivě několikanásobně menší, než se tehdy spekulovalo.

Na další přechody Venuše přes Slunce, které nastaly v letech 1761 a 1769, čekali astronomové obzvlášť netrpělivě. Koncem 17. století totiž přišli na to, že jevu by bylo možné využít ke stanovení astronomické jednotky (AU), tedy střední vzdálenosti Země od Slunce. Vzdálenosti planet ve sluneční soustavě byly vypočítány podle třetího Keplerova zákona, který dává do poměru oběžné doby a velké poloosy drah planet. Byly však známy právě jen poměry vzdáleností, absolutní hodnota astronomické jednotky například v loktech, palcích, mílích nebo tehdy ještě nezavedených kilometrech, známa nebyla. Při přechodu Venuše přes Slunce lze *triangulací* (z různých míst Země se Venuše promítá na jiné místo slunečního kotouče) změřit vzdálenost Venuše od Země a z ní vypočítat astronomickou jednotku. V roce 1691 Edmond Halley vypracoval metodu určení střední rovníkové paralaxy Slunce (z níž se přímo počítá astronomická jednotka) z měření rozdílu doby trvání přechodu Venuše přes Slunce na dvou různých pozorovacích stanovištích. Svou metodu zveřejnil v roce 1716 v latinsky psaném (kvůli mezinárodní srozumitelnosti) spise *Methodus singularis quá Solis parallaxis sive distantia à Terra, ope Veneris intra Solia conspiciendae, tuto determinare potuit*, v němž nabádá budoucí generace astronomů k podnikání expedic na různá místa zeměkoule za účelem pozorování přechodu Venuše, kterého se sám již nemůže dožít. Astronomové jej neoslyšeli, ale v roce 1761 dostali výsledky prakticky shodné s měřeními, jež provedli ještě v 17. století Cassini a Richer (1672) při opozici Marsu a Halley při přechodu Merkuru přes Slunce (1677). Sluneční paralaxa ležela v rozmezí 8,5″ až 10,5″, čemuž odpovídá velikost astronomické jednotky 125 až 155 milionů kilometrů (tehdy stále ještě nezavedených). Po roce 1769 se interval zmenšil (a trochu posunul) na 8,43″ až 8,80″ (149,5 až 156,0 milionů pořád ještě neexistujících kilometrů). Zatím poslední dvojice přechodů Venuše přes Slunce nastala v letech 1874 a 1882. Měření času a určování souřadnic pozorovacích stanovišť bylo již mnohem přesnější než o století dříve a hlavně byla k dispozici fotografie, takže paralaxa Slunce byla již určena s relativní chybou 0,1 % na 8,79″ až 8,80″ ($1\,\mathrm{AU} \doteq 149{,}7$ až 148,1 milionů kilometrů). Pro porovnání: radarová měření koncem minulého století poskytla hodnotu sluneční paralaxy 8,79415″.



Obr. 6 — Schéma astrometrické družice Gaia. Družice je osazena dvěma dalekohledy, které svírají úhel 110°. Světlo z obou dalekohledů je kombinováno a přivedeno na jeden detektor záření, což umožňuje měření velkých relativních úhlových vzdáleností. Detektor sestává z pole 110 CCD čipů, každý o $4\,500\times2\,000$ pixelech, jejichž integrační doba bude 3,3 s. V zorném poli se zobrazí 3 miliony objektů najednou. Pozorování probíhá ve skenovacím režimu, neboť družice bude neustále pomalu rotovat a objekt tak přejde celé zorné pole za 30 s; i během této krátké doby je však možné zjistit vlastní pohyb asteroidů hlavního pásu. Každý zdroj bude během mise pozorován 80 krát astrometricky a 150 krát fotometricky. Data nebudou zpracovávána na palubě, ale přenášena na zem; průměrná rychlost přenosu bude 1 Mb/s (po dobu pěti let). Výhodou oproti družici Hipparcos je přímé navázání astrometrie na systémy souřadnic definované VLBI, které pozorují vzdálené kvasary v rádiovém oboru. Převzato z [3].

H. F. Levison aj. objevili, že rozptýlený disk může být zdrojem komet typu Halley (obr. 7). Gravitační působení velkých planet posouvá komety z rozptýleného disku na dráhy s velkými poloosami přesahujícími 1 000 AU. Jakmile se objekty vzdálí na 10^4 AU, začnou se výrazně uplatňovat galaktické slapy. Část objektů skončí v Oortově oblaku, ale u značné části objektů se rychle zmenší vzdálenost perihelia a opět začnou působit poruchy velkých planet. Přibližně u 0,01 % těles se tak vyvinou dráhy odpovídající dráhám komet typu Halley (obr. 8). Kolmogorovův–Smirnovův statistický test prokazuje, že rozdělení orbitálních elementů, vycházející z takového modelu, dobře reprezentuje pozorovanou populaci komet typu Halley (Trujillo aj., 2000).

Počet komet by se měl měnit s úhlem mezi směrem ke galaktickému centru a průsečnicí roviny ekliptiky s galaktickým rovníkem — měli bychom pozorovat slabé spršky komet typu Halley, a to přibližně každých 120 Myr, v maximu asi 10 krát více komet než v současnosti, v mezidobích prakticky žádné komety. Rozptýlený disk by měl obsahovat $5\cdot10^9$ kometárních objektů (to je více, než uvádí Levison a Duncan (1997) z podobného modelu pro komety Jupiterovy rodiny, pocházející z plochého Kuiperova pásu).

Na začátku letošního roku jsem pobýval v indickém státě Maharashtra, kde se u vesnice Lonar nachází meteoritický kráter (zeměpisné souřadnice: $19° 58'$ s. š., $76° 31'$ v. d.). Průměr kráteru je 1 830 m a jeho dno zakrývá mělké slané jezero. Převýšení valu kráteru nad hladinou jezera je asi 130 m. Val kráteru se zvedá 20 m nad úroveň okolního terénu. Kráter vznikl před $(52\,000 \pm 6\,000)$ lety dopadem tělesa o průměru zhruba 60 m na čedičovou plošinu. Podle dostupných informací se jedná o jediný meteoritický kráter na Zemi vytvořený v bazaltovém (čedičovém) podloží. Nabízí se tak zajímavé srovnání s krátery v měsíčních mořích. Celkově je kráter velmi málo erodovaný.

Ke kráteru je vhodné cestovat z města Mumbai (Bombay), kde se nachází velké mezinárodní letiště, letecky do města Aurangabad. Zde je možné si pronajmout automobil s řidičem a jet asi 180 km na východ po silnici do vesnice Lonar. Hned vedle parkoviště se na valu nachází vyhlídková plocha odkud je první pohled na kráter ohromující (obr. 32). Nachází se zde kamenná deska s nápisem:

LONAR CRATER
THE ONLY HYPERVELOCITY NATURAL IMPACT CRATER
IN BASALTIC ROCK IN THE WORLD

ERECTED BY
THE GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA

Z vyhlídky je vidět také několik hinduistických chrámů, postavených dole na břehu jezera. Nejstarší z nich pocházejí ze 12. století a některé jsou využívány dodnes.

Obr. 23 — Kráter a val (chrám vlevo dole).

V první řadě je nutné odrazit nápor samozvaných průvodců, kteří za pár rupií nabízejí své služby, teprve potom je možné vydat se na průzkum. Kráter lze celý obejít po valu, případně sestoupit na jeho dno k jezeru a k prohlídce chrámů.

6. Techniky

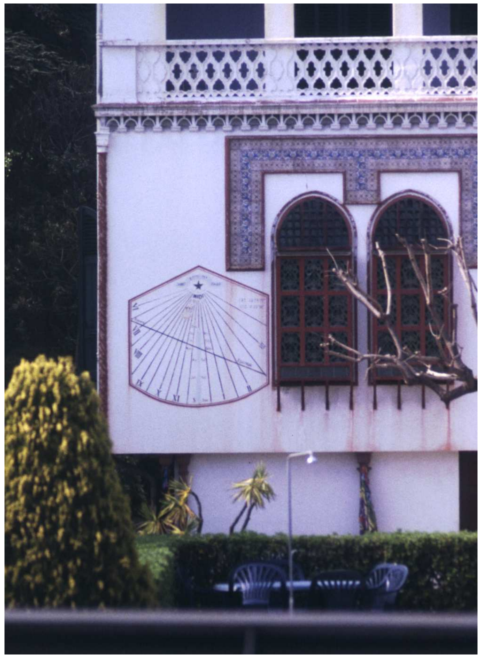
Gronchi aj. a Milani aj. se zabývali problémem rychlého a dostatečně přesného určení předběžné dráhy asteroidů z velmi krátkých oblouků. To je proces, který se u velkých přehlídkových dalekohledů musí provádět v reálném čase, aby vůbec bylo možné navzájem identifikovat řádově 10^5 asteroidů z různých nocí a provést konečné určení drah z delších oblouků. Klasické metody založené na třech pozorováních (např. Gaussova) zde však selhávají. Autoři proto pro popis pohybu asteroidu používají dva úhly a dvě úhlové rychlosti a hodnoty zbývajících dvou parametrů nutných pro určení dráhy (tj. vzdálenosti r a radiální rychlosti $\dot{r}$) omezují těmito podmínkami: objekt i) patří do sluneční soustavy (tzn. má dostatečně malou energii), ii) není satelitem Země (má dostatečně velkou energii) a iii) není příliš blízko a příliš malý (jeho absolutní hvězdná velikost je menší než určitá hranice). Přípustné hodnoty r a $\dot{r}$ pak tvoří kompaktní množinu, kterou logicky nazývají *dovolenou oblastí*. Jsou-li k dispozici více než dvě pozorování, je možné určit také křivost trajektorie a úhlové zrychlení na obloze, což dovolenou oblast dále zmenší. Celou tuto oblast vzorkují Delaunayho triangulací a definují tak *virtuální asteroidy*, pro které je možno vypočítat efemeridy a zkontrolovat, zda nenavazují na oblouky získané v další noci. V některých případech nedostačují pro jednoznačnou identifikaci dva oblouky, ale tři.

7. Satelity a prstence

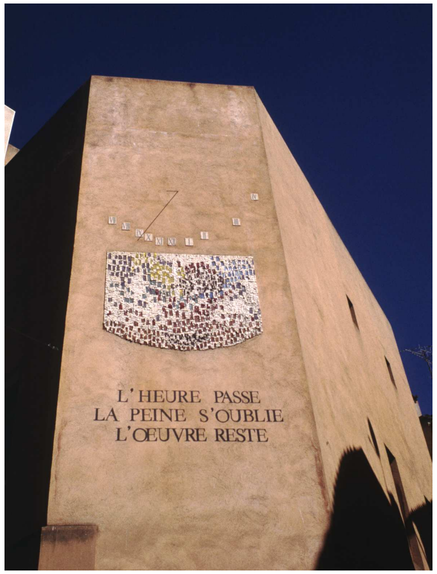
C. Murray podal přehled zajímavých rezonančních jevů pozorovaných v systému Saturnových satelitů a prstenců: například Titan a Hyperion jsou v rezonanci středního pohybu 4:3, Enceladus a Dione ve 2:1, Mimas a Tethys jsou v rezonanci 4:2 s librací okolo středu délek výstupných uzlů (viz tab. 3; Champenois a Vienne, 1999), Janus a Epimetheus obíhají téměř po stejné dráze a periodicky se k sobě přibližují (obr. 9), Prometheus a Pandora jsou pastýřské měsíce prstence F, Tethys má dva malé měsíce ve svých Lagrangeových bodech L_4 a L_5, u měsíce Rhea je přímka apsid vázána k Titanu. Takové množství rezonancí samozřejmě není náhodné — je způsobené tím, že se měsíce vzdalují od Saturnu (každý jinou rychlostí) působením slapových sil a postupně se v rezonancích zachytávají (Goldreich, 1965; Murray a Dermott, 1999). Dnes ještě není možné spočítat absolutní časovou škálu slapového vývoje, protože neznáme hmotnosti všech měsíců ani vnitřní strukturu Saturnu.

Titan–Hyperion	$180° \sim \varphi = 4\lambda_{\rm H} - 3\lambda_{\rm Ti} - \varpi_{\rm H}$
Enceladus–Dione	$0° \sim \varphi = 2\lambda_{\rm E} - \lambda_{\rm D} - \varpi_{\rm E}$
Mimas–Tethis	$0° \sim \varphi = 4\lambda_{\rm T} - 2\lambda_{\rm M} - \Omega_{\rm T} - \Omega_{\rm M}$

Tab. 3 — Kritické úhly vybraných rezonancí mezi Saturnovými měsíci.



Obr. 18 — Gnómonicky cenné hodiny v Cannes, la Bocca, Boulevard de la Mer.



Obr. 19 — Jihovýchodní sluneční hodiny v Grassu, Rue Maximin Isnard. Jsou doplněné mozaikou a nápisem „L'HEURE PASSE LA PEINE S'OUBLIE L'OEUVRE RESTE" („Hodina přijde, bolest odplyne, práce zůstane").

Obr. 20 — Sluneční hodiny v areálu astronomické observatoře v Nice. Je na nich uvedeno vročení MDCCCLXXXVI, tj. 1886.

[4] BOCKELÉE-MORVAN, D. aj. Deuterated water in comet C/1996 B2 (Hyakutake) and its implications for the origin of comets. *Icarus*, 1998, **133**, 1, s. 147–162.

[5] BROŽ, M., VOKROUHLICKÝ, D. *Yarko-site* [online]. [cit. 2004-05-25]. ⟨`http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/yarko-site/`⟩.

[6] CHAMPENOIS, S., VIENNE, F. The role of secondary resonances in the evolution of the Mimas-Tethys system. *Icarus*, 1999, **140**, s. 106–121.

[7] CORREIA A. C. M., LASKAR, J. Different tidal torques on a planet with a dense atmosphere and consequences to the spin dynamics. *J. Geophys. Res.*, 2003, **108**, E11, s. 9–1.

[8] FRENCH, R. G. Saturn's wayward shepherds: the peregrinations of Prometheus and Pandora. *Icarus*, 2003, **162**, 1, s. 143–170.

[9] GOLDREICH, P., RAPPAPORT, N. Origin of chaos in the Prometheus-Pandora system. *Icarus*, 2003, **166**, 2, s. 320–327.

[10] GOLDREICH, P. An explanation of the frequent occurrence of commensurable mean motions in the solar system. *Mon. Not. Royal Astron. Soc.*, 1965, **130**, s. 159.

[11] GOMES, R. S. The origin of the Kuiper belt high-inclination population. *Icarus*, 2003, **161**, 2, s. 404–418.

[12] GOZDZIEWSKI, K. Stability of the 47 UMa planetary system. *Astron. Astrophys.*, 2002, **393**, s. 997–1013.

[13] IMBRIE, J., IMBRIE, J. Z. Modeling the climatic response to orbital variations. *Science*, 1980, **207**, Feb. 29, s. 943–953.

[14] JONES, B. W., UNDERWOOD, D. R., SLEEP, P. N. The stability of the orbits of Earth-mass planets in and near the habitable zones of known exoplanetary systems. in *Proceedings of the Conference on towards other earths: DARWIN/TPF and the search for extrasolar terrestrial planets*, 22–25 April 2003, Heidelberg, Germany. Noordwijk: ESA Publications Division, 2003. s. 625–630. ISBN 92-9092-849-2.

[15] LASKAR, J., ROBUTEL, P. The chaotic obliquity of the planets. *Nature*, 2003, **361**, 6413, s. 608–612.

[16] LASKAR, J. A comment on "Accurate spin axes and solar system dynamics: Climatic variations for the Earth and Mars". *Astron. Astrophys.*, 2004, **416**, s. 799–800.

[17] LEVISON, H. F. *Hal's talks* [online]. [cit. 2004-05-28]. ⟨`http://www.boulder.swri.edu/~hal/talks.html`⟩.

[18] LEVISON, H. F., DUNCAN, M. J. From the Kuiper belt to Jupiter-family comets: The spatial distribution of ecliptic comets. *Icarus*, 1997, **127**, 1, s. 13–32.

[19] LEVISON, H. F., MORBIDELLI, A. The formation of the Kuiper belt by the outward transport of bodies during Neptune's migration. *Nature*, 2003, **426**, 6965, s. 419–421.

[20] MCGHEE, C. A. *Comet Shoemaker-Levy's 1994 collision with Jupiter and Saturn's 1995 ring plane crossings.* Cornell Univ., 2000, 222 s., PhD. thesis.

[21] MELOSH, H. J. New and improved equation of state for impact computations. in *31st Annual Lunar and Planetary Science Conference*, March 13–17, 2000, Houston, Texas.

[22] MORBIDELLI, A., CHAMBERS, J., LUNINE, J. I., PETIT, J. M., ROBERT, F., VALSECCHI, G. B., CYR, K. E. Source regions and time scales for the delivery of water to Earth. *Meteor. Plan. Sci.*, 2000, **35**, 6, s. 1309–1320.

[23] MURRAY, C. D., DERMOTT, S. F. *Solar system dynamics.* Cambridge: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0-521-57597-4.

[24] NESVORNÝ, D., BOTTKE, W. F.; LEVISON, H. F.; DONES, L. Recent origin of the Solar system dust bands. *Astrophys. J.*, 2003, **591**, 1, s. 486–497.

[25] NOBLE, M., MUSIELAK, Z. E., CUNTZ, M. Orbital stability of terrestrial planets inside the habitable zones of extrasolar planetary systems. *Astrophys. J.*, 2002, **572**, 2, s. 1024–1030.

Obr. 16 — Jižní sluneční hodiny v Rue du Docteur Pascal, na Collège International. Mají podobu destičky s rytými hodinovými úsečkami po půl hodině a vystupujícími římskými číslicemi v rozsahu VIII–XII–VI. Foto Miroslav Brož. K článku na str. 23.

Obr. 17 — Hodiny v Grassu, Boulevard Victor Hugo, na jihovýchodní zdi parfumérie Molinard. Jejich pěkný jednoduchý číselník je popsán číslicemi X–XII–II, ale rozsah půlhodinových rysek je podstatně větší: od 7. do 15. hodiny. Foto Miroslav Brož. K článku na str. 23.

Obr. 11 — Čtyři fáze zatmění Měsíce 4. 5. 2004: zanořování Měsíce do stínu, úplné zatmění, začátek výstupu ze stínu, a konec výstupu. Foto Petr Soukeník. K článku na str. 4.

Obr. 12 — Konec fáze úplného zatmění ve 21 h 6 min UT. Měsíc za několik minut zakryje hvězdu GSC 6159-0482 (6,5 mag). Použitý přístroj refraktor 110/1 650, tělo Canon F80, expoziční doba 15 s, materiál Kodak Gold 100. Foto Martin Lehký. K článku na str. 4.