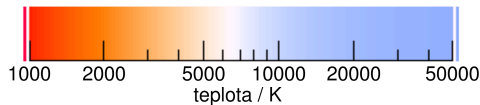


Jak můžeme na hradecké planetární stezce dobře vidět, sluneční soustava je velmi prázdná. Třináct zastávek na stezce znázorňuje pouze největší tělesa, ale i v prostoru mezi nimi je mnoho pozoruhodných míst, na která upozorníme v tomto článku. Rozměry a velikosti objektů zde uvádíme v měřítku stezky, tj. zmenšené miliardkrát. (Při výkladu na stezce, když objekty přímo vidíme, je možná vhodnější mluvit o skutečných nezmenšených mírách.)

Začněme u Slunce a všimněme si jeho barvy — je krásně *bílá*. (Nikoli žlutá, jak se často sluníčko kreslí v knížkách pro malé děti.) Pravda, občas vidíme Sluníčko žluté, oranžové nebo dokonce červené, a to při jeho západu nebo východu, ale tato zabarvení jsou způsobena rozptylem záření v atmosféře Země.

Vlastně většinu hvězd vnímá oko jako bílé, pouze chladní „červení“ trpasličí a obří s povrchovou teplotou 3 000 K a horcí „modří“ veleobří s teplotou až 50 000 K mají lehký barevný nádech (viz obr. 1, [7]).



**Obr. 1** — Závislost barvy na teplotě pro absolutně černé těleso, které je dobrým přiblížením záření hvězd.

Energie vzniká v nitru Slunce, v jádře asi 35 cm velikém. K povrchu se přenáší nejprve zářením (fotony) a pak prouděním plazmy. Většina energie se do meziplanetárního prostoru se vyzářuje z 1 mm tenké vrstvičky (fotosféry), kde je sluneční plazma už natolik řídká, že se stává dobře průhlednou. Proto očima vidíme, že Sluníčko má velmi ostrý okraj.

Pomocí koronografů, úzkopásmových filtrů nebo kamer citlivých na neviditelné záření můžeme ověřit, že výtrysky sluneční plazmy (protuberance) sahají až do výšky 30 cm nad povrch, a řídká atmosféra (koróna) do několika metrů.

V blízkosti Sluníčka prolétávají některé komety, dostanou-li se příliš blízko, mohou se rozpadnout, anebo se se Sluníčkem i srazit.

58 m od Slunce je Merkur. Pozoruhodné je, že jeho oběžná doba (87,969 dne) a rotační perioda (58,646 dne) jsou přesně v poměru 3:2. Není to náhoda, ale důsledek zachycení Merkuru ve spinorbitální rezonanci; působení Slunce a planet jej nutí tento poměr přesně dodržovat.

Užitečné je podívat se od Merkuru na model Sluníčka, který z této vzdálenosti vypadá evidentně větší než skutečné Sluníčko na obloze. Není divu, když jsme teprve u první planety. Přeměříme si obě Sluníčka jednoduchým úhloměrem — prstem na natažené ruce, který má šířku přibližně jeden stupeň.

Skoro všechna větší tělesa naší planetární soustavy se otáčejí a obíhají proti směru hodinových ručiček, díváme-li se od Polárky. Teprve díky radarovým pozorováním v 60. letech 20. století se podařilo zjistit, že otáčení Venuše je velmi pomalé a jeho smysl opačný. Teoretické vysvětlení dnešního rotačního stavu poskytli Correia s Laskarem v roce 2003 (viz *Povětrň 3/2004*, s. 8). Zjistili například, že v dávné minulosti mohl mít na rotaci Venuše podstatný vliv Neptun, což je docela překvapivé, když je 4,5 km odsud.

Hustá atmosféra Venuše se otáčí jednou za asi 4 dny, tedy podstatně rychleji než těleso planety. Účinně tím vyrovnává rozdíly teploty mezi osvětlenou a neoosvětlenou polokoulí, takže se neliší ani o jeden stupeň Celsia.

Až dojdeme k Zemi, pohlédneme zpět k Venuši a zkusme, zda ze vzdálenosti 41 m rozeznáme její kotouček. Někteří lidé s vynikajícím zrakem totiž mohou srpeček Venuše spatřit (při vhodné konstelaci na obloze). Vlastně je to jediná planeta, kterou lze rozlišit bez dalekohledu, ostatní okem vidíme pouze jako zářící body.

Asi 1 metr před Zemí, na spojnici Země–Slunce, stojíme v Lagrangeově bodě L1, v místě, kde výslednice přitažlivé síly Slunce a Země způsobuje oběh okolo Slunce s oběžnou dobou, stejnou jako má Země. (Kdyby nás Země nebrzdila, obíhali bychom okolo Slunce rychleji.) K tomuto bodu byla v roce 1995 vyslána sonda SOHO, která tak má možnost nepřetržitě sledovat Slunce, neboť jej Země nestíní, a navíc je se sondou dobré spojení, neboť se od Země nikdy nevzdaluje.

Zemi provází Měsíc. Protože okolo ní obíhá po elipse, jeho vzdálenost se mění asi o 4 cm. Vpravdě to je velká náhoda, že Měsíc je asi 400 krát menší než Sluníčko a zároveň je k Zemi asi 400 krát blíž — na obloze pak vypadá skoro stejně veliký, což můžeme opět kontrolovat prstem na natažené ruce.

Měsíc je vlastně památkou na dávnou kosmickou katastrofu — se Zemí se před 4,5 miliardami let srazila planeta veliká asi 5 mm. Země i impaktor se přitom roztavily, odtrhlo se značné množství úlomků, které vytvořily okolo Země asi 5 cm prstenec. Většina prstence spadla zpět na Zemi, Země se tím zvětšila a dosáhla dnešních rozměrů. Zbytek prstence se pak během několika týdnů shluknul do Měsíce [10]. Dříve tedy Měsíc obíhal jen několik centimetrů od Země, ale za čtyři miliardy let se kvůli působení slapových sil vzdálil až na dnešních 38 cm.

V blízkosti Země občas proletí malé planetky, výjimečně se dostanou blíž než Měsíc. Dělíme je na tři skupiny: Apollo, Aten a Amor. První a druhá obíhají uvnitř nebo vně zemské trajektorie a kříží ji, asteroidy třetí skupiny ji nekříží, ale přibližují se alespoň na 45 metrů. Největšími blízkozemními planetkami jsou (1036) Ganymed a (433) Eros o průměrech asi 0,03 mm; nejtěsněji se k Zemi přibližují na 35 m a 20 m. Více než 10 % blízkozemních planetek je dvojitých. Příkladem může být (65803) Didymos, jejíž složky o průměrech 1  $\mu\text{m}$  a 0,2  $\mu\text{m}$  jsou od sebe vzdáleny 1,5  $\mu\text{m}$ . Dvojplanetky pravděpodobně vznikají rozpadem při těsném průletu okolo Země nebo možná postupným roztočením vlivem slunečního

záření (YORP efektem) a roztržením. Na objevech dvojplanetek se podílí český astronom Petr Pravec [18].

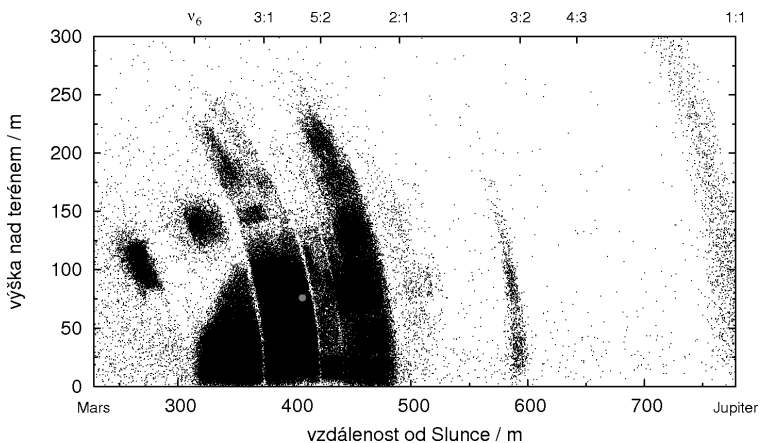
Asi jeden metr za Zemí, ve směru od Slunce, je Lagrangeův bod L2. Země nás zde trochu urychluje, takže naše oběžná perioda je opět 1 rok. Nacházejí se tu observatoře WMAP nebo Spitzer, bude sem vyslán i nástupce Hubblova dalekohledu, James Webb Space Telescope.

Mars je planeta, jejíž dráha je poněkud výstředná a skloněná: vzdálenost od Slunce se mění až o  $\pm 21$  m a výška nad „vodorovnou“ rovinou o  $\pm 7,5$  m. Dva měsíčky Marsu, Phobos a Deimos, jsou úplně maličké, mají asi 0,02 mm v průměru, a obíhají ve vzdálenosti asi 6 mm a 2 cm.

Přibližně 90 m za Marsem začíná hlavní pás asteroidů. Je to v místě, kde nás přitažlivá síla Sluníčka nutí k oběhu jednou za 3 roky; přitažlivost planet navíc způsobuje, že se zde naše dráha stáčí v prostoru (preceduje) s periodou asi 45 900 let. Shodou okolností je to táž perioda, s jakou se stáčí dráha Saturnu, což má značný význam. Saturn je totiž díky periodickým přiblížením schopen naší dráhu pořádně „rozkývat“; tomuto jevu říkáme  $\nu_6$  rezonance. Asi za milión let zvýší naši výstřednost, budeme se tedy dosti přibližovat a vzdalovat od Slunce a přitom křížit dráhy vnitřních planet. Většina z nás skončí srážkou se Sluníčkem, ale máme asi 1% šanci, že se srazíme se Zemí nebo s Venuší [4].

Jen 40 m odtud obíhá planetka Vesta. Z této planetky máme na hvězdárně malý úlomek, meteorit Stonařov (1808). Jak se k nám dostal? V minulosti se s Vestou srazila jiná menší planetka, dala vznik mnoha úlomkům (meteoroidům), které padly pár metrů od Vesty a začaly samostatně obíhat Sluníčko. „Náš“ meteoroid, stejně jako ostatní, byl osvětlený jen z jedné strany a na povrchu proto měl nerovnoměrné rozložení teploty. Neizotropně vyzařované infračervené fotony pak s sebou odnášely hybnost a pomalíčku měnily jeho kinetickou energii. Tento mechanismus se nazývá *Jarkovského jev*. Několik významných objevů s ním souvisejících učinil český vědec David Vokrouhlický. Zjistil například, že se takový meteoroid může za 10 miliónů let posunout k  $\nu_6$  nebo 3:1 rezonanci, která jej pak poměrně rychle vyše na dráhu křížící dráhu Země [21]. Tento způsob přenosu hmoty z hlavního asteroidálního pásu k Zemi nezávisle potvrzují měření radioaktivních prvků v meteoritech na Zemi nalezených, podle kterých byly asi 10 miliónů let vystaveny působení tvrdého kosmického záření.

Postoupíme-li o dalších 20 m, ocitneme se v jedné Kirkwoodově mezeře, oblasti široké asi 1 m, v níž je velmi málo planetek. Způsobuje ji rezonance 3:1 středního pohybu s Jupiterem; zde oběhneme okolo Sluníčka třikrát, zatímco Jupiter pouze jednou. Rezonanční působení Jupitera a následná těsná přiblížení k planetám tuto zónu dobře „vyčistí“ (obr. 2).



**Obr. 2** — Vzhled hlavního asteroidálního pásu na planetární stezce (graf vzdálenost od Slunce–výška nad terénem). Dobře patrné jsou Kirkwoodovy mezery i hlavní asteroidální rodiny.

Procházejíc asteroidálním pásem jsme si dobře všimli, že se nejedná o nic „děsivého“. Většina z oněch milionů asteroidů je tak maličká a mezi nimi jsou takové mezery, že okem nejspíš nespatříme ani jeden. Tentokrát jsme měli štěstí, protože stojíme přímo u Ceresu, největší planetky ze všech.

Nedaleko, asi o 8 m dál, je význačná rezonance 5:2 s Jupiterem. Kousíček za ní, v uzoučké 15 cm nestabilní zóně se nachází planetka (2953) Vysheslavia, která do rezonance spadne v příštích 50 milionech roků. Je takovým malým důkazem, že na ni dlouhodobě působil Jarkovského efekt, jenž ji do této nestabilní situace posunul [19].

Na hřbitůvku u kostela Svatého Jana bychom našli malý shluk asteroidů pojmenovaný Karin, zabírající asi 1,5 m. Nesmíme si ale představovat, že všichni jeho členové obíhají společně — ti, co jsou blíž ke Sluníčku, obíhají samozřejmě rychleji a „předbíhají“ ty vzdálenější. Mají pouze podobné velké poloosy, výstřednosti a sklony, ale jinak jsou na svých dráhách rozptýleni okolo Sluníčka. David Nesvorný, český astronom působící ve Spojených Státech, zkoumal, jak dráhy těchto planetek vypadaly v minulosti a s překvapením zjistil, že se před 5,8 milióny roků protly! Shluk zřejmě vzniknul srážkou dvou těles v tomto okamžiku. Poprvé zde máme možnost studovat, jak takové katastrofy vlastně probíhají [14].

V hlavním pásu můžeme nalézt i podstatně větší shluky asteroidů, kterým říkáme rodiny. Vznikly srážkami velkých asteroidů před dávnou dobou a postupným dynamickým a kolizním vývojem. Pěkným příkladem je rodina Eos, čítající přes 4000 členů rozptýlených v prostoru asi 25 m. Její střed se nachází u zvoničky, asi 40 m od Ceresu. Na struktuře rodiny ohraničené různými rezonancemi je pěkně

vidět, jak se od svého vzniku před 1 miliardou let postupně „rozplývá“ v prostoru působením Jarkovského jevu [20].

Vydejme se na cestu k Jupiteru. Potkáme přitom ještě další rezonance, například 2:1, 3:2 nebo 4:3. Asi 60 m před Jupiterem přecházíme hranici Hillovy sféry Jupitera, tj. oblasti, kde převažuje jeho přitažlivost nad přitažlivostí Slunce. Uvnitř obíhají satelity planety, kterých je dnes známo přes 50. Asi 30 m daleko od Jupitera sahá jeho magnetosféra. Kdybychom se na Jupiter dívali z hvězdárny (od Země), zabíraly by tyto dva neviditelné objekty plochu odpovídající dlani nebo pěsti na natažené ruce.

Stojíme-li u Jupiteru, vzpomeňme na čtyři největší, galileovské měsíce: Io, Europu, Ganymedes a Kalistó. Jejich rozměry se pohybují mezi 3 mm a 5 mm, vzdálenosti od Jupitera jsou 42 cm, 67 cm, 1,07 m a 1,88 m a odpovídající oběžné doby 1,8 dne, 3,6 d, 7,2 d a 16,8 d. Již jsme na mnohé rezonance ve sluneční soustavě narazili, takže ihned vidíme, že první tři měsíce jsou v rezonanci 4:2:1. Io má kvůli tomu mírně excentrickou dráhu, slapy Jupitera pak zahřívají jeho nitro intenzivněji, než kdyby obíhal po kružnici, a na povrchu se to projevuje mnoha činnými sopkami [17].

Jupiterovy prachové prstence by byly viditelné zejména v protisvětle, když stojíme za planetou a díváme se směrem ke Sluníčku (ke hvězdárně). Některé jsou tlusté (1 cm), jiné tenké (0,03 mm); zasahují do vzdálenosti asi 22 cm od středu planety. Prstence mají životní dobu pouze 1 000 let a neustále znovu vznikají při dopadech meteoroidů na měsíce Metis, Adrastea, Amalthea a Thebe [2].

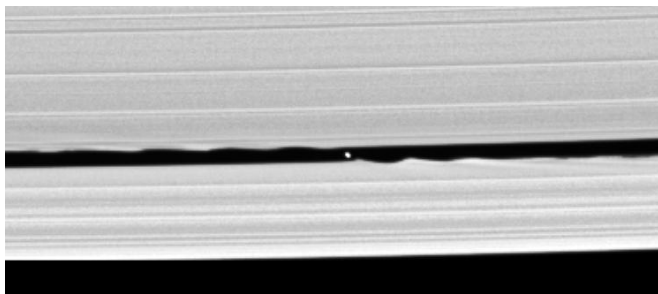
Pozoruhodnou skupinou planetek jsou Trojané. Mají takřka stejnou vzdálenost od Slunce a oběžnou dobu jako Jupiter, ale na dráze jej asi o 60° přebíhají nebo se o 60° opožďují. (Trojúhelník Slunce–Jupiter–Trojan je přibližně rovnostranný.) V průměru mají poměrně vysoký sklon dráhy (13°), takže mohou být třeba 200 m vysoko nad námi. To je mimochodem památka na dobu před 3,8 miliardami roků, kdy byly Jupiter a Saturn načas v 1:2 rezonanci a oblast Trojanů byla velmi nestabilní. Když se planety zase posunuly a rezonance skončila, zůstali Trojané „uvězněni“ na svých excitovaných skloněných dráhách [12].

Bouřlivé období 1:2 rezonance Jupiteru a Saturnu zřejmě zanechalo čitelné stopy i na našem Měsíci — většina jeho kráterů vznikla (podle radiometrického datování měsíčních hornin přivezených loděmi Apollo) právě před 3,8 miliardami roků. Protože předtím byla sluneční soustava asi klidnější, říkáme mu období *pozdního velkého bombardování* [6]. Naše Země byla samozřejmě bombardována také, ale protože její povrch je velmi proměnlivý, žádný z těchto starých kráterů se nezachoval.

Na poli za sadem se zastavujeme u nepatrného jádérka Halleovy komety. V perihéliu, 87 m od Sluníčka, byla kometa 9. února 1986. Tehdy Sluníčko zahřívало ledové jádro natolik, že okolo vznikla asi metrová plyno–prachová koma a také stometrový ohon, který mohl zabírat celý hřeben táhnoucí se od hvězdárny. Tady

tudy prolétala kometa v roce 1988 a dnes, v roce 2005, je až u Neptunu, u kostela na Novém Hradci, 3 km daleko. Další návrat plánuje až v roce 2061 [8].

Model Saturnu na hrázi rybníka Datlík znázorňuje též dva hlavní prstence označované A a B. Je evidentní, že od Země bychom je okem bez dalekohledu nerozpoznali. Mezi nimi je Cassiniho dělení, způsobené 3:1 rezonancí s Mimasem (malíčkým měsíčkem o průměru 0,2 mm, obíhající jednou za 22 a půl hodiny vně prstenců, asi 5 cm za okrajem). Hůře viditelných prstenců je však vícero: C, D (blíže k planetě), F, G a E (dále od planety). Hlavní prstence jsou neuvěřitelně tenké, méně než tisícinu milimetru, takže z boku bychom je vůbec neviděli. „Tlustý“, ale slabě zářící vnější prstenec E, o průměru až 1 m, se na kraji rozšiřuje na 1 mm. Prstence jsou tvořené jednotlivými částčkami, jež velmi spořádaně obíhají Saturn. Postupně kolabují a asi za 200 miliónů let spadnou prstence na planetu. Snad se v budoucnosti vytvoří nové, až se srazí nějaké dva Saturnovy měsíce.



**Obř. 3** — Keelerovo dělení na okraji Saturnova prstence A. Sonda Cassini v této 0,03 mm široké mezeře objevila 7 $\mu$ m velký měsíček S/2005 S1, který je zřejmě jejím původcem. Gravitacní působení měsíčku se na prstenci projevuje jako vlny. Poloha vln před měsíčkem nebo za ním odpovídá tomu, že s rostoucí vzdáleností od Saturnu rostou oběžné doby. © NASA/JPL/Space Science Institute.

Nesmíme zapomenout na velký Saturnův měsíc Titan, mající 5 mm v průměru a obíhající jednou za 16 dní ve vzdálenosti 1,2 m od planety. Právě zde v lednu 2005 přistála kosmická sonda Huygens; poprvé jsme měli možnost prohlédnout si zblízka povrch, který je jinak zahalen neprůhlednou oranžovou atmosférou, tlustou asi 0,3 mm.

Mezi Saturnem a Neptunem najdeme pár desítek objektů zvaných Kentauři. Pravděpodobně jde o „spící“ komety, které se z vnějších částí sluneční soustavy (z Kuiperova pásu nebo dokonce z Oortova oblaku) postupně dostávají do vnitřních. Neptun, Uran, Saturn a Jupiter si je postupně „předávají“. Nejznámějšími jsou (2060) Chiron a (5145) Pholus. Chiron je asi 0,2 mm veliký, avšak když se projeví jeho kometární aktivita, vytvoří komu o průměru téměř 2 m. Pholus je

podobně veliký, ale žádnou aktivitu nevykazuje. Je to snad vůbec nejčervenější objekt, podle čehož usuzujeme, že je pokrytý organickými materiály [3].

V případě Uranu upozorníme na prstence, které se rozkládají 1 cm až 2,5 cm od povrchu planety. Jsou orientovány téměř svisle, nikoli podél vodorovné roviny (ekliptiky).

Okolo Neptunu proletěla sonda Voyager 2 v roce 1989, a to pouhé 4 mm nad horními vrstvami atmosféry. Mimo jiné přitom objevila systém úzkých prstenců, 17 mm až 37 mm vzdálených. Zvláště vnější Adamsův prstenec je unikátní, protože není celistvý, ale je v něm pět výrazných oblouků [15].

Velký měsíc Triton, o průměru 2,7 mm, obíhá Neptun po dráze o poloměru 35 cm, a to retrográdně, opačným směrem než se otáčí planeta. Má relativně vysokou hustotu, přes 2 000 kg/m<sup>3</sup>. Obě skutečnosti naznačují, že Triton nevzniknul v blízkosti Neptunu, ale byl Neptunem zachycen. Slapové síly planety pak změnily jeho výstřednou dráhu na kruhovou a dokonce mohly udržovat měsíc po jednu miliardu let v tekutém stavu [5]. I dnes se Triton stále k Neptunu přibližuje a asi za 5 miliard let jej slapy zcela roztrhají, čímž vzniknou okolo Neptunu nádherné jasné prstence, nesrovnatelně jasnější než Saturnovy (hmotnost Tritonu je totiž řádově tisíckrát větší než hmotnost všech Saturnových prstenců dohromady). Detailní snímky z Voyageru, pořízené ze vzdálenosti asi 4 cm, ukázaly 0,01 mm tenkou atmosféru nebo dusíkové gejzíry vyvěrající z povrchu.

Pluto má v porovnání s planetami velmi skloněnou a výstřednou dráhu. Jeho výška nad terénem se mění o  $\pm 2,1$  km a vzdálenost od Sluníčka v rozmezí 4,4 km až 7,4 km. Někdy je tedy blíže než Neptun, ale neznamená to, že by se spolu mohli někdy srazit — 3:2 rezonance s Neptunem, ve které je Pluto zachyceno, totiž těsným přiblížením brání (v periheliu je Pluto vysoko). Okolo Pluta obíhá poměrně veliký měsíc Charon, s průměrem 0,6 mm. Jeho dráha má poloměr 2 cm a oběžnou dobu 6,3 dne.

Spolu s Plutem jsou v rezonanci 3:2 zachyceny desítky dalších těles, nazývaných *Plutina*. Nejde o nějakou velkou náhodu, ale zřetelný důsledek migrace Neptunu v raných fázích vývoje sluneční soustavy, kdy byl mezi planetami ještě přítomen disk planetesimál (o celkové hmotnosti řádově 50  $M_{\oplus}$ ). Neptun se posouval směrem ven, s ním se posouvala i místa jeho rezonancí středního pohybu a také všechna tělesa, která stála rezonancím v cestě [11].

Z bezmála tisíce objektů pozorovaných za Plutem zmiňme alespoň tři: Varunu, Quaoar a Sednu. Velikostmi jsou srovnatelné s Plutem. První dva se pohybují někde tady okolo nás, mezi 6 km a 7 km od Sluníčka; jsou typickými představiteli Kuiperova pásu. Sedna byla objevena ve vzdálenosti 11 km, ale za 5 500 let se vzdálí na 138 km a bude v Brně. Jak se Sedna na tuto protáhlou dráhu dostala? Nejspíš kvůli těsnému přiblížení cizí hvězdy ke Sluníčku [13].

Zde naše dvouhodinová procházka sluneční soustavou končí. „Zbytek vesmíru“ je bohužel tak obrovský, že ani zmenšení v měřítku 1 ku 1 miliardě nám nepomůže, abychom o něm získali názornou představu.

- [1] BERTOTTI, B., FARINELLA, P., VOKROUHLICKÝ, D. *Physics of the Solar System*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. ISBN 1402014287.
- [2] BURNS, J. A. aj. *The Formation of Jupiter's Faint Rings*. *Science*, **284**, 5417, 1999, s. 1146–1150.
- [3] CRUIKSHANK, D. P. aj. *The Composition of Centaur 5145 Pholus*. *Icarus*, **135**, 2, 1998, s. 389–407.
- [4] GLADMAN, B. aj. *Dynamical lifetimes of objects injected into asteroid belt resonances*. *Science*, **277**, 1997, s. 197–201.
- [5] GOLDREICH, P. aj. *Neptune's story*. *Science*, **245**, Aug. 4, 1989, s. 500–504.
- [6] GOMES, R. aj. *Origin of the cataclysmic Late Heavy Bombardment period of the terrestrial planets*. *Nature*, **435**, 7041, 2005, s. 466–469.
- [7] HAMILTON, A. *What colour is the Sun?* [online]. [cit. 2005-06-13]. <http://casa.colorado.edu/~ajsh/colour/Tspectrum.html>.
- [8] *JPL's Horizons System* [online]. [cit. 2005-06-13]. <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.html>.
- [9] *JPL Solar System Dynamics* [online]. [cit. 2005-06-13]. <http://ssd.jpl.nasa.gov>
- [10] KOKUBO, E., IDA, S., MAKINO, J. *Evolution of a Circumterrestrial Disk and Formation of a Single Moon*. *Icarus*, **148**, 2, 2000, s. 419–436.
- [11] MALHOTRA, R. *The Origin of Pluto's Peculiar Orbit*. *Nature*, **365**, 6449, 1993, s. 819.
- [12] MORBIDELLI, A. aj. *Chaotic capture of Jupiter's Trojan asteroids in the early Solar System*. *Nature*, **435**, 7041, 2005, s. 462–465.
- [13] MORBIDELLI, A., LEVISON, H. F. *Scenarios for the Origin of the Orbits of the Trans-Neptunian Objects 2000 CR<sub>105</sub> and 2003 VB<sub>12</sub> (Sedna)*. *Astron. J.*, **128**, 5, 2004, s. 2564–2576.
- [14] NESVORNÝ, D., BOTTKÉ, W. F. *Detection of the Yarkovsky effect for main-belt asteroids*. *Icarus*, **170**, 2, 2004, s. 324–342.
- [15] DE PATER, I. aj. *The dynamic neptunian ring arcs: evidence for a gradual disappearance of Liberté and resonant jump of Courage*. *Icarus*, **174**, 1, 2005, s. 263–272.
- [16] DE PATER, I., LISSAUER, J. J. *Planetary Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. ISBN 0521482194.
- [17] PEALE, S. J., CASSEN, P., REYNOLDS, R. T. *Melting of Io by tidal dissipation*. *Science*, **203**, Mar. 2, 1979, s. 892–894.
- [18] PRAVEC, P. aj. *Photometric Survey of Binary Near-Earth Asteroids*. *Icarus*, podáno, 2005. <http://www.asu.cas.cz/~ppravec/>.
- [19] VOKROUHLICKÝ, D., BROŽ, M., FARINELLA, P., KNEŽEVI, Z. *Yarkovsky-Driven Leakage of Koronis Family Members I. The Case of 2953 Vysheslavia*. *Icarus*, **150**, 1, 2001, s. 78–93.
- [20] VOKROUHLICKÝ, D., BROŽ, M., MORBIDELLI, A., BOTTKÉ, W. F., NESVORNÝ, D., LAZZARO, D., RIVKIN, A. S. *Yarkovsky footprints in the Eos family*. *Icarus*, podáno, 2005.
- [21] VOKROUHLICKÝ, D., FARINELLA, P. *Efficient delivery of meteorites to the Earth from a wide range of asteroid parent bodies*. *Nature*, **407**, 6804, 2000, s. 606–608.