Slovo úvodem. Poprázdninový Povětroň vychází s mírným zpožděním, neboť intenzivněji pracujeme na planetární stezce. Ostatně, 4. prosince uvidíte...

V tomto čísle najdete obsáhlejší článek o vzniku planetárních soustav; je jakýmsi „obrazem“ astronomického kurzu hradecké hvězdárny, určeného středoškolákům a vysokoškolákům. Navazuje upozornění na krátký dokumentární film *Sluneční soustava 2003*, který jsme na hvězdárně vyrobili a promítáme jej v rámci výukových programů pro školy i pro veřejnost. Richard Lacko přináší potěšující zprávu o astronomickém kroužku, který je jistě příjemnou a poučnou mimoškolní aktivitou.

V pravidelné rubrice *Přečetli jsme si* je stručně zmíněno dvacet pět pozoruhodných objevů, uveřejněných většinou v zahraničních odborných časopisech. Dva články jsou věnované pozorování — Petr Soukeník píše o právě minulém zatmění Měsíce a Martina Cholasta o budoucím dění na obloze — a další dva akcím, jichž se účastnili členové astronomické společnosti, tj. autogramiádě s Eugenem Cernanem a výstavě astronomických fotografií.

Miroslav Brož

Elektronická (plnobarevná) verze časopisu Povětroň ve formátech PDF, PostScript a HTML je k dispozici na adrese:
⟨`http://www.astrohk.cz/ashk/povetron/`⟩

Povětroň 4/2004; Hradec Králové, 2004.
Vydala: **Astronomická společnost v Hradci Králové** (6. 11. 2004 na 164. setkání ASHK)
ve spolupráci s **Hvězdárnou a planetáriem v Hradci Králové**
vydání 1., 32 stran, náklad 100 ks; dvouměsíčník, MK ČR E 13366, ISSN 1213–659X
Redakce: Martin Cholasta, Josef Kujal, Richard Lacko, Martin Lehký,
Miroslav Ouhrabka a Miroslav Brož
Předplatné tištěné verze: vyřizuje redakce, cena 35,– Kč za číslo (včetně poštovného)
Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08; IČO: 64810828
e–mail: ⟨`ashk@astrohk.cz`⟩, web: ⟨`http://www.astrohk.cz/ashk/`⟩

Obr. 14 — Zatmění Měsíce 28. října 2004. Foto Petr Soukeník. K článku na str. 18.

Obr. 15 — Snímky Herbigova–Harova objektu 111 (vlevo nahoře), oblasti tvorby hvězd v mlhovině M 42 (vpravo nahoře) a protoplanetárních disků (dole) pořízené Hubblovým kosmickým dalekohledem v rozmezí let 1995 až 2001. Disk na obrázku vpravo dole je obklopen plynnou obálkou, která je zahřívána absorpcí ultrafialového záření blízké horké hvězdy; odhadujeme, že disk v takových nehostinných podmínkách může existovat jen poměrně krátkou dobu — asi sto tisíc roků. K článku na str. 4.

Astronomický kurz (1) — Protoplanetární disk

Miroslav Brož

Od roku 2003, vždy od října do června, první sobotu v měsíci od osmi hodin ráno, probíhá na hvězdárně v Hradci Králové astronomický kurz [2]. Je určen pro středoškoláky a vysokoškoláky se zájmem o astronomii, kteří se chtějí podrobněji dovědět nejen *jak* vesmír funguje, ale především *jakým způsobem jsme na to přišli*. Následující seriál článků je volným záznamem toho, co na kurzu probíráme. Obrázky v článku proto nejsou přesnými grafy anebo schématy, ale jsou to spíše kresby a náčrty „na tabuli", snad vystihující podstatu věci.

Začněme hrubým scénářem vzniku sluneční soustavy:

(1) Soustava vznikla před asi 4,56 miliardami let gravitačním kolapsem mezihvězdného plynoprachového oblaku.
(2) Materiál obsahoval asi 2 % prvků hmotnějších než helium, které předtím vznikly v nitru jiných hvězd; kolaps byl možná spuštěn blízkým výbuchem supernovy.
(3) Střední část jednoho fragmentu oblaku se zhustila vlastní gravitací natolik, že v ní začaly termonukleární reakce produkující záření — vzniklo Slunce.
(4) Vnější část se zploštila do disku. Došlo k přenosu většiny momentu hybnosti z rotujícího Slunce do oběžného pohybu disku.
(5) Disk byl nejhustší ve středové rovině, gravitační i negravitační síly zde vedly k postupnému soustředění materiálu do větších těles.
(6) Ve vnější části disku došlo k samostatným částečným kolapsům, jež daly vzniknout obřím plynným planetám a jejich satelitním systémům.
(7) Jen relativně málo hmoty celého oblaku (asi 5 %) se přeměnilo na hvězdy a planetární soustavy, zbytek byl hvězdným větrem rozfoukán zpět do mezihvězdného prostoru.

Původní teorie tohoto typu se nazývá *nebulární* (podle toho, že hvězda i planety vznikají z mlhoviny — nebuly) a pochází od Immanuela Kanta (1724–1804) a Pierra-Simona Laplace (1749–1827). Úvahy těchto dvou myslitelů byly spíše kvalitativní; první výpočty struktury pramlhoviny provedli až v padesátých a šedesátých letech 20. století Otto Julijevič Šmidt (1891–1956), Viktor Sergejevič Safronov (†1917) a jejich spolupracovníci.[1]

Extrasolární planety, objevované od poloviny 90. let dvacátého století, možná vyžadují jiné teorie vzniku, protože vlastnosti exoplanetárních soustav se podstatně liší od naší sluneční soustavy. Jedním z hlavních rozdílů je existence planet

[1] Ty, kteří by chtěli nahlédnout do původních prací (anebo do jakýchkoliv nových odborných článků), odkazujeme na ⟨`http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html`⟩ (NASA ADS Abstract Service), kde lze po zadání jmen autorů, a eventuálně po omezení na rok vydání, najít přesou referenci, abstrakt, a často lze stáhnout i celý článek v elektronické podobě. Některé časopisy, případně jejich nová čísla, jsou však přístupné pouze pro předplatitele.

Na pravidelných středečních setkáních seznamujeme děti s vybranými tématy z astronomie a příbuzných oborů, které jim předkládáme formou přijatelnou jejich věku a schopnostem. Při vytváření tématického plánu jsme též přihlédli k osnovám předmětů fyzika a matematika pro základní školy. Komunikace v kroužku ale nemůže být jednostranná, naší snahou je vyvolávat aktivitu samotných dětí. To lze například tak, že si sami občas připraví nějaký referát, který budou prezentovat svým kamarádům. Pokud bychom podali teorii příliš suše, posluchače těžko pro astronomii nadchneme; dny se však znatelně krátí a budeme tedy pořádat i večerní pozorování oblohy, což je činnost pro astronomický kroužek zcela nezbytná.

Naše (prý vyspělá) lidská společnost nabízí mládeži i „jiné volnočasové aktivity". Naneštěstí jsou jimi často alkohol, drogy, drobné krádeže, potulka po ulicích. Hlavním cílem kroužku je nabídnout dětem ve volném čase jinou, poněkud ušlechtilejší zábavu, která zároveň přináší i značný podíl poučení.

Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové — listopad 2004

Otvírací dny pro veřejnost jsou středa, pátek a sobota. Od 19:00 se koná večerní program, ve 20:30 začíná večerní pozorování. V sobotu je pak navíc od 14:00 pozorování Slunce a od 15:00 program pro děti. Podrobnosti o jednotlivých programech jsou uvedeny níže. Vstupné 10,– až 45,– Kč podle druhu programu a věku návštěvníka. Změna programu vyhrazena.

Pozorování Slunce — soboty v 14:00
projekce Slunce dalekohledem, sluneční skvrny, protuberance, sluneční aktivita, při nepříznivém počasí ze záznamu

Program pro děti — soboty v 15:00
zimní hvězdná obloha s astronomickou pohádkou **Perseus** v planetáriu, starší dětské filmy, ukázka dalekohledu, při jasné obloze pozorování Slunce

Večerní program — středy, pátky a soboty v 19:00
zimní hvězdná obloha v planetáriu, výstava, film, ukázka dalekohledu, aktuální informace s využitím velkoplošné videoprojekce

Večerní pozorování — středy, pátky a soboty ve 20:30
ukázky zajímavých objektů večerní oblohy, *jen při jasné obloze!*

Přednášky
sobota 6. 11. v 17:00 — **Radarová pozorování meteorického roje Leonid** — RNDr. Petr Pecina, CSc., AsÚ AV ČR Ondřejov
sobota 20. 11. v 17:00 — **Thajsko a Barma** — p. Juraj Kaman, cestovatel, fotograf a publicista

Výstava od 8. 11. — po – pá 9–12 a 13–15, st a pá též 19, so 15 a 19
Formule 1 — papírové modely vozů a přileb

Přednášky v prosinci 2004
sobota 4. 12. v 17:00 — **Meteority Morávka a Neuschwanstein** — RNDr. Jiří Borovička, CSc., AsÚ AV ČR Ondřejov

Co je cílem? V následujících kapitolách nejprve podáme přehled základních vlastností velkých molekulárních oblaků a protoplanetárních disků, jak vyplývají z pozorování oblastí tvorby nových hvězd. Zmíníme podmínky, za kterých nastává gravitační kolaps. Podíváme se, co lze odvodit z dnešního obsahu radioaktivních prvků. Pak se pokusíme odhadnout parametry „našeho“ bývalého protoplanetárního disku, a to z hmotností současných planet a z jejich středních vzdáleností od Slunce, podle základních fyzikálních zákonů.[3]

Pozorování velkých molekulárních oblaků a protoplanetárních disků

Velká molekulární oblaka (GMC) mají podle pozorování hmotnosti přibližně 10^5 až $10^6\,M_\odot$, jejich hustší jádra asi $1\,M_\odot$. Teplota oblaků se pohybuje jen pár desítek stupňů nad absolutní nulou, mezi 10 až 30 K. Koncentrace jsou řádově 10^3 molekul/cm^3, jádra oblaků mohou být i 100 až 1000 krát hustší. (Porovnejme to s hustotou vzduchu, který nás obklopuje: 1 kg/m^3; hmotnost jedné molekuly N_2 nebo O_2 je asi $2 \cdot 15 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}$ kg, takže vychází koncentrace řádově 10^{19} molekul/cm^3.)

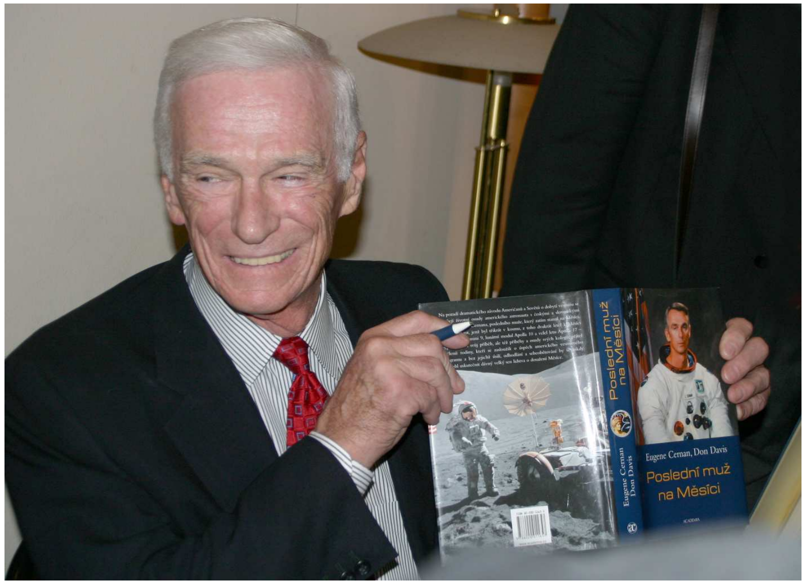
V chemickém složení GMC převažuje molekulární vodík H_2, patrně je doprovázen heliem. Spektroskopicky zde najdeme i mnoho hmotnějších molekul — CO, CN, CS, SiO, OH, H_2O, HCN, SO_2, H_2S, NH_3, H_2CO — celkově však tvoří jen nepatrný díl hmotnosti celého GMC.

V oblastech tvorby hvězd, jakou je například mlhovina M 42 v souhvězdí Orionu (obr. 15), jsou pozorovatelné plynoprachové obálky a disky (proplydy) obklopující velmi mladé hvězdy. Proplydy mají průměr řádově 100 astronomických jednotek, hmotnost se odhaduje mezi 10^{-3} a $0{,}1\,M_\odot$; typicky existují pouhých 1 až 10 milionů let, výjimečně až 30 My.

Plynoprachové obálky mívají „široké“ spektrum v porovnání s planckovským spektrem $B_\lambda(T)$, což lze vysvětlit tak, že různé části obálky, v různé vzdálenosti, jsou centrální hvězdou zahřáté na různou teplotu. Můžeme si představit, že jednotlivé části obálky v téže vzdálenosti jsou v *lokální* termodynamické rovnováze, mají tedy stejnou teplotu T, a jejich vyzařování je pak popsáno Planckovou funkcí. My však spektrografem pozorujeme celý oblak najednou, což odpovídá smísení mnoha funkcí $B_\lambda(T)$ odpovídajícím různým teplotám. Jejich maxima jsou vzájemně posunutá. Celková vyzařovaná energie tedy nemůže být popsána funkcí příslušející jediné teplotě T, ale průběh spektra je proti rovnovážnému spektru rozšířen, „rozmazán“ (obr. 2).

Na mnoha discích jsou patrné stopy po vnořených planetách (samotné planety zatím přímo pozorovat nelze). Jedná se např. o zakřivení disku (známým příkladem je hvězda β Pictoris), posun středu disku od centrání hvězdy (HR 4796A),

[3] V textu užíváme následující označení: y pro rok, násobky se standardními předponami My nebo Gy; $M_\odot$ pro hmotnost Slunce, $M_\oplus$ pro hmotnost Země, podobné indexy i pro jiné veličiny; AU $= 1{,}49597870691 \cdot 10^{11}$ m je astronomická jednotka.



Výstava astrofotografií na hvězdárně

Petr Soukeník

V měsíci říjnu 2004 probíhala na hradecké hvězdárně výstava fotografických prací astronomů z východních Čech, mimo jiné i členů naší společnosti. Samozřejmě s jakým jiným, než astronomickým zaměřením. Konala se již před několika měsíci a nyní je to její volné pokračování. Je obohacena dalšími novými fotografiemi. Instalace probíhala 2. října po skončení pravidelného setkání naší společnosti. Sešlo se zde mnoho dobrovolníků, řekl bych možná až příliš, a tudíž jsme o sebe občas trochu zakopávali. Ale nakonec to vzalo do ruky pár odborníků a specialistů, a vytvořili slušné dílko. I já, ač jsem vše fotograficky dokumentoval, podílel jsem se velmi specializovanou funkcí „sklonosiče“. Pokud chcete shlédnout další záběry z přípravy této výstavy, stačí v internetovém prohlížeči zadat adresu:

⟨`http://www.volny.cz/soukenikp/vystava.htm`⟩.

^{1}H	^{2}He	^{6}O	^{8}C	^{26}Fe	^{10}Ne	^{7}N	Si, Mg, S, ...
1	0,39	0,014	0,0043	0,0026	0,0025	0,0016	

Tab. 1 — Poměrné zastoupení prvků podle hmotnosti v molekulárních oblacích.

Zárodečný materiál byl obohacen radioaktivními izotopy prvků s krátkým poločasem přeměny, např. ^{26}Al, který se přeměňuje s $T_{1/2} = 0,72\,\mathrm{My}$ na ^{26}Mg. Svědčí o tom například meteority: některé minerály mají v krystalových mřížkách atomy nekompatibilních prvků (původně byl sice v krystalu atom hliníku, ale ten se přeměnil na hořčík, který se do krystalu jaksi „nehodí“). Druhou indicií je přetavení Země, které vedlo k jejímu rozrůznění a poklesu hustších prvků do jejího jádra. Energie potřebná na přeměnu pevné látky v kapalinu pocházela jednak z radioaktivních přeměn, jednak ze srážek Protozemě s jinými tělesy. Silně radioaktivní materiál pravděpodobně pocházel z blízkého výbuchu supernovy (ten mohl navíc přispět ke startu gravitačního kolapsu) nebo z nějaké Wolfovy-Rayetovy hvězdy. Tyto hvězdy prvky syntetizují uvnitř, jsou schopné je vynést k povrchu a odtud je šířit silným hvězdným větrem.

Radiometrickou metodou můžeme určit okamžik, kdy tělesa utuhla, tedy kdy se atomy svázaly do krystalové mřížky. V tavenině se mohou stabilní i nestabilní atomy skoro volně pohybovat, ale v mřížce nikoli. Počet N nestabilních jader se pak může měnit pouze náhodnými radioaktivními rozpady, nikoli tím, že by někam „odplavaly“. Platí přitom

$$\mathrm{d}N = -\lambda N \mathrm{d}t\,, \tag{2}$$

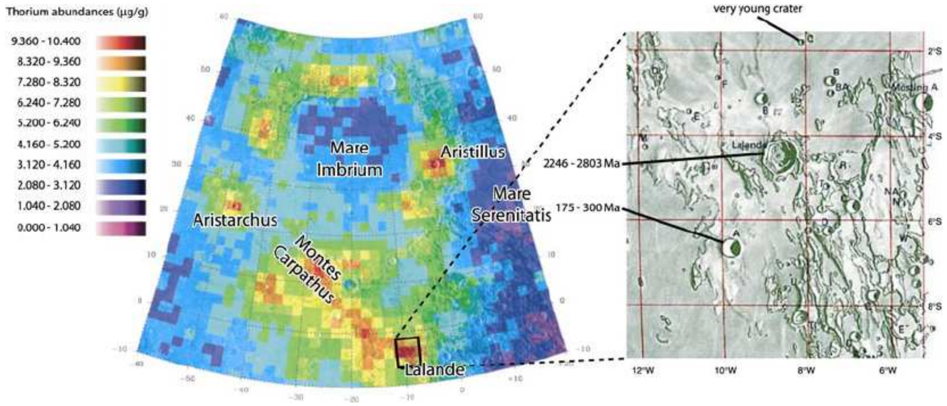
čili počet $\mathrm{d}N$ přeměn za nějakou krátkou dobu $\mathrm{d}t$ je úměrný aktuálnímu počtu nestabilních jader. Rozpadová konstanta λ přitom určuje rychlost, jakou se jádra přeměňují. Asi těžko může být přeměnový zákon jednodušší. Integrováním rovnice (2) přes čas t s okrajovou podmínkou $N(t = 0) = N_0$ získáme:

$$N(t) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}\,. \tag{3}$$

Vidíme, že počet nestabilních jader klesá exponenciálně s časem. Počet N_d produktů přeměny pak pochopitelně roste:

$$N_\mathrm{d}(t) = N_{\mathrm{d}0} + N_0(1 - \mathrm{e}^{-\lambda t})\,. \tag{4}$$

Místo λ se často zavádí poločas přeměny $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, za který se rozpadne polovina jader, tedy $N = \frac{N_0}{2}$. Stačí pak porovnat současný poměr počtu nestabilních a stabilních jader s počátečním poměrem a odtud vypočítat dobu, která uplynula.



Obr. 11 — Mapa zastoupení thoria v povrchových vrstvách Měsíce a detail okolí kráteru Lalande s malým čerstvým kráterem poblíž.

by neměla celková hmotnost překročit $40\,M_\odot$, a existence hmotnějších hvězd se vysvětlovala splynutím několika hvězd střední hmotnosti.

Podle Standardního modelu nelze sice vysvětlit původ hmotností jednotlivých fundamentálních částic, ale na základě interakcí mezi částicemi umožňuje popsat závislosti mezi hmotnostmi některých částic. Tým DØ Collaboration, *Nature*, **429**, s. 638 pomocí nové techniky zpřesnil hmotnost top kvarku na $M_\mathrm{t} = (178{,}0 \pm 4{,}3)\,\mathrm{GeV}/c^2$. Pak z M_t a ze známé hmotnosti bosonu W spočetl nejpravděpodobnější hmotnost teoreticky přepovězeného Higgsova bosonu na $117\,\mathrm{GeV}/c^2$; to je bohužel nad možnostmi současných urychlovačů (a bude tak nutné počkat na experimenty LHC asi do roku 2010).

Přibyl, T., *Letectví a kosmonautika*, 2004, 4, s. 87 přináší informace o čínském nosiči Kaituizhe-1 (KT-1), na pevná paliva, což je první nosič tohoto typu v Číně.

Lejček, L., *Letectví a kosmonautika*, 2004, 5, s. 13 píše o supersonickém náporovém motoru Scramjet, který se od jiných náporových motorů liší spalováním při nadzvukové rychlosti. Bezpilotní experimentální letoun X–43A s tímto motorem je vynášený Boeingem NB-52B a raketou Pegasus; dosahuje rychlosti Mach 7.

[1] *IAU Colloquium No. 197. Dynamics of Populations of Planetary Systems. Book of Abstracts.* Beograd: Astronomical Observatory, 2004.
[2] Brož, M. *Dynamická astronomie v roce 2004.* Povětroň 3/2004, s. 4–18.
[3] Burbine, T. H., McCoy, T. J., Meibom, A., Gladman, B., Keil, K., in Asteroids III, W. F. Bottke Jr., A. Cellino, P. Paolicchi, and R. P. Binzel (eds). Tuscon: University of Arizona Press, 2002. s. 653–667. ISBN 0-8165-2281-2.

nějaká část disku ve vzdálenosti r v lokální termodynamické rovnováze musí platit rovnost mezi energií vyzářenou diskem podle Stefanova–Boltzmannova zákona a energií přijatou od Slunce:

$$4\sigma T^4 = (1 - A)\frac{L_\odot}{4\pi r^2}\,, \tag{6}$$

kde T označuje rovnovážnou teplotu části disku, σ Stefanovu–Boltzmannovu konstantu, A albedo a $L_\odot$ zářivý výkon Slunce. (V některých fázích vývoje Protoslunce mohlo být $L_\odot$ i desetkrát větší než dnes.) Po vyjádření T vidíme, že teplota klesá jako

$$T \propto r^{-1/2}\,. \tag{7}$$

Řádově se teplota disku pohybovala v rozmezí od 100 do 1 000 K. Samozřejmě však docházelo k odchylkám od rovnováhy, např. při srážkách, elektrických výbojích, erupcích na Slunci a podobně.

Jak jednoduše odhadnout hmotnost protoplanetárního disku? Zřejmě bychom se měli podívat na jeho pozůstatek — na planety; menší smetí je co do hmotnosti zcela zanedbatelné. Hmotnost všech planet dohromady je řádově $10^{-3}\,M_\odot$. Jenomže tu je jeden problém, vzpomeňme, že značná část mlhoviny byla „rouzfoukána“ slunečním větrem! Přesněji, byly odfouknuty především těkavé prvky, které byly díky ohřevu zářením v plynné fázi. Vítr totiž ovlivňuje hlavně plyn a má jen malý vliv na větší prachová zrnka.[4] Abychom to vyřešili, použijeme následující trik: „doplníme“ planety o těkavé prvky (především H, He) tak, aby se chemické složení planet shodovalo se Sluncem. Shrňme to:

terestrické planety		$\approx 10^{-5}\,M_\odot$		≈ 300
Jupiter a Saturn	mají hmotnost	$\approx 10^{-3}\,M_\odot$	ale musíme ji násobit faktorem	≈ 10
Uran a Neptun		$\approx 10^{-4}\,M_\odot$		≈ 50

Celková hmotnost pak vychází řádově $10^{-2}\,M_\odot$.

Uvážíme-li navíc, jak jsou planety rozmístěné, a představíme-li si jejich hmotu „rozprostřenu“ podél jejich drah (obr. 4), můžeme zjistit, že sloupcová hustota disku klesala asi jako

$$\sigma \propto r^{-3/2}\,. \tag{8}$$

[4] Síla, kterou působí částice slunečního větru na prachovou částečku, je (alespoň přibližně) úměrná průřezu částečky $S \propto R^2$, ale její zrychlení je dané druhým Newtonovým zákonem $a = \frac{F}{m}$ a hmotnost m je úměrná objemu $V \propto R^3$. Odtud plyne, že $a \propto R^{-1}$ a tedy efekt slunečního větru klesá s rozměrem. Taková úměra však platí i obecně pro jakékoli povrchové síly.

je $0,27''$, 25 % doby je dokonce pod $0,15''$. Porovnejme tyto hodnoty s nejlepšími stanovišti ve středních zeměpisných šířkách — $0,5''$ až $1''$ — nebo se základnou Amundsen-Scott na jižním pólu — $1,8''$.

Squyres, S. W. aj., *Science*, 2004, **305**, 5685, s. 794 se věnuje výzkumu kráteru Gusev na Marsu vozítkem Spirit (stejně jako dalších deset článků v tomto zvláštním vydání časopisu Science). Gusev je pokládán za místo, kde v minulosti mohlo být jezero, ale doposud se zde nenašly žádné jasné stopy po jezerní sedimentaci. Naopak, převažující horniny jsou bazaltické (tj. sopečného původu) a dvěma hlavními geologickými procesy jsou dopady kosmických těles a přenos větrem. Na mnohých balavanech je vidět povlaky, které mohou být znakem mírného ovlivnění vodním prostředím. Usazené horniny jsou tak snad skryty pod impaktně rozlámanými lávami.

Sky & Telescope, July 2004, s. 18 přináší zprávu o prvním objevu extrasolární planety z gravitační mikročočky (předtím byly objevy uskutečněny výhradně měřením radiálních rychlostí). V projektech OGLE III a MOA, při nichž se sleduje asi 200 milionů hvězd v centrální galaktické výduti, zatím pozorovali asi 200 událostí, z toho 50 dvojitých. Ale tato je první, ze které lze odvodit malou hmotnost souputníka. V budoucnu by se tímto způsobem mohly objevit exoplanety o hmotnosti Země.

Abe, F. aj., *Science*, 2004, **305**, 5688, s. 1024 oznamuje pozorování gravitační mikročočky MOA 2003-BLG-32/OGLE 2003-BLG-219, která měla špičkové zjasnění více než 500 krát. Při nárůstu a poklesu jasnosti nebyla pozorována žádná sekundární zjasnění, čímž se podařilo vyloučit existenci planet s těmito limity: planety hmotnější než 1,3 $M_\oplus$ v oblasti mezi 2,3 až 3,6 AU od mateřské hvězdy, planety hmotnější než Uran mezi 0,9 až 8,7 AU, a planety hmotnější než Saturn mezi 0,2 až 60 AU. Jedná se tak o gravitační mikročočku s dosud největší citlivostí pro detekci extrasolárních planet.

Jedicke, R., Nesvorný, D., Whiteley, R., Ivezić, Ž., Jurić, M. *An age-colour relationship for main-belt S-complex asteroids. Nature*, 2004, **429**, s. 275 zjišťovali závislost mezi stářím asteroidálních rodin spektrálního typu S a jejich barvou, která je zřejmě postupem času ovlivňována kosmickým zvětráváním (např. dopadajícími kosmickými paprsky, mikrometeoroidy), a stává se tak červenější. Stáří rodin lze odhadnout z rychlosti jejich dynamického vývoje, barvy asteroidů byly měřeny přehlídkou Sloan Digital Sky Survey. Úlomky ze srážek asteroidů v hlavním pásu mohou dopadnout na Zem jako meteority. Ostatně asteroidy typu S jsou pokládány za zdroj nejrozšířenějších meteoritů — obyčejných chondritů (OC). Až doposud se nedařilo najít rodinu, která by meteoritům OC byla spektrálně velmi podobná. Pokud však využijeme výše uvedenou závislost stáří–barva a podíváme se, jakou barvu asteroidy měly těsně po svém vzniku, zjistíme, že se dobře shoduje s čerstvými odřezky meteoritů OC. Jedná se tak o první průkazné měření rychlosti kosmického zvětrávání pro asteroidy hlavního pásu.

Důležitá odbočka o gradientu tlaku: uvědomme si, že kdyby byl v disku všude stejný tlak plynu, žádné silové působení by nevznikalo! Teprve když se tlak mění v prostoru, vzniká nějaká síla. Představme si pro názornost malou krychličku mající rozměr dx, plošku stěny $\mathrm{d}S = \mathrm{d}x^2$, objem $\mathrm{d}V = \mathrm{d}x^3$, hmotnost d$m$ a hustotu $\varrho = \frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}m}$. Vlevo a vpravo od ní (ve směru osy x) je plyn o stejném tlaku P. Pak tlaková síla působící na levou stěnu je $P\mathrm{d}S$, na pravou stěnu $-P\mathrm{d}S$ a jejich součet je nulový. A nyní si představme, že se tlak ve směru osy x mění, vlevo od krychličky je roven P a vpravo je o trošku větší $P + \mathrm{d}P$. Výslednice sil je pak rovna

$$P\mathrm{d}S - (P + \mathrm{d}P)\mathrm{d}S = -\mathrm{d}P\mathrm{d}S \tag{9}$$

a zrychlení působící na krychličku (podle 2. Newtonova zákona)

$$a = \frac{F}{\mathrm{d}m} = \frac{-\mathrm{d}P\mathrm{d}S}{\varrho\,\mathrm{d}V} = \frac{-\mathrm{d}P\mathrm{d}S}{\varrho\,\mathrm{d}x\mathrm{d}S} = -\frac{1}{\varrho}\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}x}\,. \tag{10}$$

Odtud je pěkně vidět, že síla na jednotku objemu $\frac{F}{\mathrm{d}m/\varrho} = \frac{F}{\mathrm{d}V}$ je rovna záporně počítané změně tlaku se vzdáleností, tj. záporně počítanému gradientu tlaku.

Ještě si dovolíme odbočku *o rychlosti obíhání plynu* v disku kolem Slunce. Bude-li tlak plynu klesat se vzdáleností od Slunce, pak podle toho, co jsme řekli výše, bude na částečky plynu působit síla ve směru od Slunce, proti směru jeho gravitace. Gradient tlaku tedy jakoby efektivně zmenšil hmotnost Slunce. Ale pozor! To pak musí znamenat, že plyn obíhá *pomaleji* než kdyby žádný gradient tlaku nepůsobil a pomaleji než třeba planetesimály (obr. 5).[7] Proč tohle funguje pouze mezi atomy a molekulami plynu a nikoli mezi většími prachovými zrny, planetesimálami nebo planetami? Atomy, molekuly nebo jejich ionty se totiž mohou při vzájemných přiblíženích od sebe odpuzovat elektromagnetickými silami, a tím se jaksi „nadlehčovat“ v gravitačním poli Slunce. Planety ale nejsou elektricky nabité, ani nemají na povrchu nerovnoměrně rozložený náboj, takže na sebe elektromagneticky působit nemohou. Pravda, malá zrníčka (o charakteristickém rozměru R) mohou být plynem (resp. gradientem jeho tlaku) trochu nadlehčována, ale protože tlaková síla je povrchová, tento efekt klesá jako $\frac{1}{R}$ (viz str. 10).

[7] Vzpomeňte, že má-li se hmotný bod o hmotnosti m pohybovat rychlostí o velikosti v po kružnici o poloměru r musí na něj působit síla o vhodné velikosti $F_\mathrm{d} = m\frac{v^2}{r}$ směřující do středu kružnice. To lze odvodit z docela jednoduché geometrické úvahy (obr. 6). Pokud je onou dostředivou silou F_d gravitace centra o hmotnosti M, tedy $F_\mathrm{g} = \frac{GM_\odot m}{r^2}$, pak je pro daný poloměr přesně určena rychlost obíhání po kruhové dráze, tj. *keplerovská rychlost* nebo též 1. kosmická rychlost:

$$v_\mathrm{k} = \sqrt{\frac{GM}{r}} \propto r^{-1/2}\,. \tag{11}$$

Z pozorovatelných komet upozorněme na kometu C/2004 Q2 (Machholz), která má stále nízkou deklinaci, ale její jasnost se zlepšuje a bude jistě okrasou noční oblohy na konci roku.

Přečetli jsme si

Miroslav Brož, Ondřej Pejcha

D. A. Fischer aj. publikovali objev exoplanety u hvězdy HD 88133 (se spektrem G5IV), která se „prozradila“ změnami radiálních rychlostí. Planeta oběhne kolem mateřské hvězdy za 3,41 dne a její hmotnost je $M \sin i = 0{,}75\mathrm{M_J}$. Fotometrická pozorování ukazují, že nedochází k zákrytům hlubším než asi 0,0005 mag. (astro-ph/0409107)

S. D. Points aj. analyzovali strukturu mezihvězdné hmoty směrem ke dvojité hvězdokupě χ a h Persei spektroskopickým pozorováním mezihvězdné absorpční čáry Na I D u 172 hvězd. Zjištěny byly významné změny profilů čáry i na nejmenších škálách 0,35 pc, což naznačuje, že mezihvězdná hmota se v tomto směru skládá z tenkých pruhů plynu. (astro-ph/0409158)

A. C. Becker aj. předkládají první výsledky prohlídky SuperMACHO, která využívá 4 m teleskopu na Cerro Tololo a mozaikové CCD kamery (s 8000×8000 pixely a zorným polem 0,33 čtverečného stupně) pro hledání gravitačních mikročoček ve směru k Velkému Magellanovu mračnu. Hlavním cílem této prohlídky je vysvětlit přebytek gravitačních mikročoček pozorovaných při projektu předchozí generace — MACHO. Jeden z řešených problémů je, jak odlišit supernovy v pozadí LMC od skutečných gravitačních mikročoček. (astro-ph/0409167)

N. R. Walborn aj. upozorňují na pekuliární hvězdu HD 191612 spektrálního typu O. Spektroskopická pozorování za posledních několik let vykazují periodické změny spektrálního typu z O6 na O8, které jsou doprovázené změnami profilů a intenzit několika pekuliárních spektrálních čar a fotometrickými změnami s amplitudou asi 0,03 mag. Perioda všech těchto změn je 540 dnů, což představuje závažný problém pro všechny dosud známé mechanizmy, které by mohly podobnou proměnnost vyvolat. (astro-ph/0409199)

J. D. Neillovi aj. se podařilo objevit 6 nov v prostoru mezi galaxiemi v kupě Fornax. Z těchto měření vyplývá, že 16 až 41 % veškerého záření z kupy Fornax přichází z mezigalaktického prostoru. Tento odhad je konzistentní s měřením intergalaktických planetárních mlhovin v kupách Fornax a Virgo. (astro-ph/0409265)

J. W. Barnes a J. J. Fortney předkládají teoretickou studii o možnosti detekce prstenců u exoplanet pomocí fotometrie. Dle jejich závěrů by bylo možné zachytit výrazné prstence Saturnova typu fotometrií s přesností 0,001 až 0,003 mag a časovým rozlišením lepším než 15 minut. Prstence by se měly projevit hlavně během vstupu a výstupu ze zákrytu. (astro-ph/0409506)

P. A. Woudt a D. Steeghs pořídili spektrum novy V445 Pup (2000), která je pokládána za první pozorovaný případ heliové novy. Ve spektru byly zjištěny

všechny plyny chovají jako ideální, takže to není nesmyslný přepoklad.) Stavovou rovnici lze přepsat tak, že tlak P závisí na hustotě ϱ a teplotě T, eventuálně můžeme teplotu nahradit termální rychlostí v_T, neboť teplota je zavedena jako míra vnitřní energie n molů plynu, $U = \frac{3}{2}nkT$, a ta je také úměrná kinetické energii atomů plynu $U \simeq \frac{1}{2}mv_T^2$. Pak $P = \frac{v_T^2\varrho}{3}$ a po derivování $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} = \frac{v_T^2}{3}\frac{\mathrm{d}\varrho}{\mathrm{d}z}$. (Zde jsme ještě předpokládali, že teplota T, a tudíž ani rychlost v_T, na z nezávisí.) Dosazením do (13) dostaneme jednoduchou diferenciální rovnici pro hustotu ϱ:

$$\frac{\mathrm{d}\varrho}{\mathrm{d}z} = -\frac{3\omega_\mathrm{k}^2}{v_T^2}\varrho z\,, \tag{14}$$

tedy rovnici, která nám určuje velikost *změny* hustoty v závislosti na hustotě, souřadnici z a nějakých veličinách, které se ve směru z nemění (ale mohou se měnit s r). My bychom však místo rovnice pro $\frac{\mathrm{d}\varrho}{\mathrm{d}z}$ raději znali přímo funkci $\varrho(z)$, ale to musíme rovnici (14) integrovat přes z. Naštěstí lze snadno uhádnout, že hledaná funkce bude mít tvar $\varrho = A\,\mathrm{e}^{Bz^2}$, protože pak $\frac{\mathrm{d}\varrho}{\mathrm{d}z} = AB\,2z\,\mathrm{e}^{Bz^2} = 2Bz\varrho$. Pokud hustotu v $z = 0$ označíme $\varrho(r, 0)$, můžeme psát výsledek

$$\varrho(r, z) = \varrho(r, 0)\,\mathrm{e}^{-\frac{3\omega_\mathrm{k}^2}{2v_T^2}z^2}\,.$$

Maximální hustotu $\varrho(r, 0)$ má disk ve středové rovině $z = 0$, směrem nahoru nebo dolu hustota exponenciálně klesá.

Když už známe průběh hustoty ve směru kolmém k rovině disku, je logické zavést tloušťku disku jako

$$H = \frac{\sigma}{\varrho(r, 0)}\,, \tag{15}$$

kde σ je sloupcová hustota disku, tedy hustota posčítaná ve směru z:

$$\sigma = \int_{-\infty}^{\infty} \varrho(r, z)\,\mathrm{d}z\,. \tag{16}$$

Jinými slovy, náš disk má sice proměnnou hustotu ve směru z, ale my se ptáme, jak tlustý by musel být disk s konstantní hustotou jako ve středové rovině, aby měl stejnou sloupcovou hustotu. Po integrování (16) a dosazení do (15) obdržíme

$$H = \sqrt{\frac{2\pi}{3}}\frac{v_T}{\omega_\mathrm{k}(r)}\,. \tag{17}$$

Když si uvědomíme, že $v_T \propto T^{-1/2} \propto r^{-1/4}$ a $n_\mathrm{k} \propto r^{-3}$, vychází, že tloušťka disku roste se vzdáleností jako $r^{5/4}$. Pro $r = 5\,\mathrm{AU}$, tj. v okolí Jupiteru, je poměr

se a vyrazit. Měl jsem vyhlédnuté místo na západní straně kopce Svatého Jana, kde jsou pro toto pozorování příznivé podmínky. Kvůli zatažené obloze sice nebylo možné sledovat zcela počáteční fáze zatmění, ale ve 3 h 7 min SEČ, když se konečně vyjasnilo, jsem pořídil první snímek. To už probíhal vstup Měsíce do stínu Země. Obloha naštěstí zůstala jasná a já se mohl plně věnovat vizuálnímu sledování a hlavně fotografování.

Květnové zatmění jsem fotil kinofilmovým přístrojem Canon EOS 300. Nyní jsem ovšem „přezbrojil“ na digitální zrcadlovku Canon EOS 300D s 6,1 megapixelovým snímacím čipem. Teleobjektivem Rubinar s ohniskovou vzdáleností $f = 1\,000\,\mathrm{mm}$ a clonovým číslem 10 byly pořízeny počáteční a konečné fáze zatmění. Při úplné fázi jsem však kvůli malé světelnosti Rubinaru musel použít objektiv Tamron AF 70–300 mm. Při nejdelším ohnisku má světelnost 5,6. Protože čip v digitálu je o něco menší než políčko kinofilmu, vychází zorné pole tak veliké, jako kdybychom na kinofilm fotili s ohniskem 480 mm. Vše bylo exponováno v maximálním rozlišení 3 072×2 048 pixelů. Dost mě potrápilo rosení. Každých pár minut jsem musel otírat zamlžené objektivy. Hrozná práce, ale co by člověk neudělal pro hezkou fotku, že? Chvílemi mi připadalo, že celé své příslušenství vytahuju přímo z vody, jak bylo vše mokré. Hlavně k ránu, kdy se chvílemi vytvářela mlha a z Měsíce vyrobila „rybí oko“. Ráno jsem ale odjížděl spokojen. Podařilo se mi vše zaznamenat, a to je hlavní. S pocitem dobře odvedené práce jsem po osmé hodině usnul a dohnal noční spánkový deficit.

Několik fotografií je otištěno na obr. 14; další je možné shlédnout na mých WWW stránkách ⟨`http://www.volny.cz/soukenikp/`⟩.

Dění na obloze v listopadu a prosinci 2004

Martin Cholasta

Je podzim. Počasí spíše nevlídné a ponuré, takzvaný dušičkový čas, ale když Slunce vysvitne krajina hraje nádhernými barvami, které jindy během roku nemůžeme spatřit. Takový den je předzvěstí i krásné dlouhé noci s průzračnou oblohou. Na obloze samozřejmě vládnou souhvězdí podzimní oblohy jako je například Pegas. Zvečera však můžeme ještě spatřit několik souhvězdí letních a v druhé polovině noci se nám začínají ukazovat souhvězdí zimní oblohy, kterým vévodí Býk a Orion. I přes výrazný chlad stojí za to strávit nějakou chvilku pod hvězdnou oblohou, zvláště ve chvílích zajímavých úkazů, na které chci upozornit.

Již 5. listopadu ráno je možné spatřit blízkou konjunkci Venuše s Jupiterem. Planety budou od sebe vzdáleny jen 0,5°. Další fotogenická seskupení planet a Měsíce nastanou 9. 11. a 10. 11., kdy na ranní obloze proběhne postupně konjunkce Měsíce s Jupiterem, Měsíce s Venuší a Měsíce s Marsem. 1. 12. bude k vidění konjunkce Měsíce se Saturnem. O několik dní později, 6. 12., nastane konjunkce Venuše s Marsem poblíž hvězdy α^2 Librae a hned následujícího dne 7. 12. nastane těsná denní konjunkce Měsíce s Jupiterem; Jupiter bude od Měsíce vzdálen 0,6°.

nebular theory [nebjulə θiəri] — mlhovinná teorie
ordinary chondrite [o:dnri kondrait] — obyčejný chondrititický meteorit
pressure gradient [prešə greidiənt] — gradient tlaku
protoplanetary disc (proplyd) [proutəplæniteri disk, proplyd] — protoplanetární disk
radioactive element [reidiou'æktiv elimənt] — radioaktivní prvek
Solar system [soulə sistəm] — sluneční soustava
star forming region (SFR) [sta: fo:miŋ ri:džn] — oblast tvorby hvězd
terrestrial planets (Mercury, Venus, the Earth, Mars) [terestriəl plænits, məkju:ri, vi:nəs, ði: ə:θ, ma:s] — planety zemského typu (Merkur až Mars)
timescale [taimskeil] — typická doba, za jakou proběhne nějaký proces

[1] Bertotti, B., Farinella, P., Vokrouhlický, D. *Physics of the Solar System.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. ISBN 1402014287.
[2] Brož, M. *Astronomický kurz Hvězdárny Hradec Králové* [online]. [cit. 2004-11-04]. ⟨`http://www.astrohk.cz/kurz/`⟩
[3] Norton, O. R. *The Cambridge Encyclopedia of Meteorites.* Cambridge: Cambridge University Press, 2002. ISBN 052162143 7.
[4] de Pater, I., Lissauer, J. J. *Planetary Sciences.* Cambridge: Cambridge University Press, 2001. ISBN 0521482194.

Film Sluneční soustava 2003

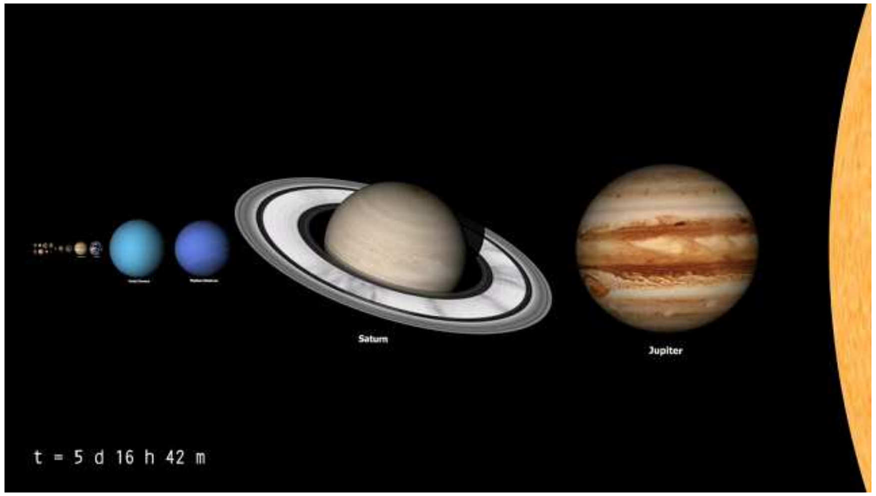
Miroslav Brož

Film „Sluneční soustava 2003“ je pětadvacetiminutový dokument o našem planetárním systému. Vytvořili jsme jej tak, aby se divák přehledovým způsobem seznámil se Sluncem, planetami i menšími tělesy sluneční soustavy, a dozvěděl se o nich ty nejzajímavější informace, jež odpovídají poznání na začátku 21. století.

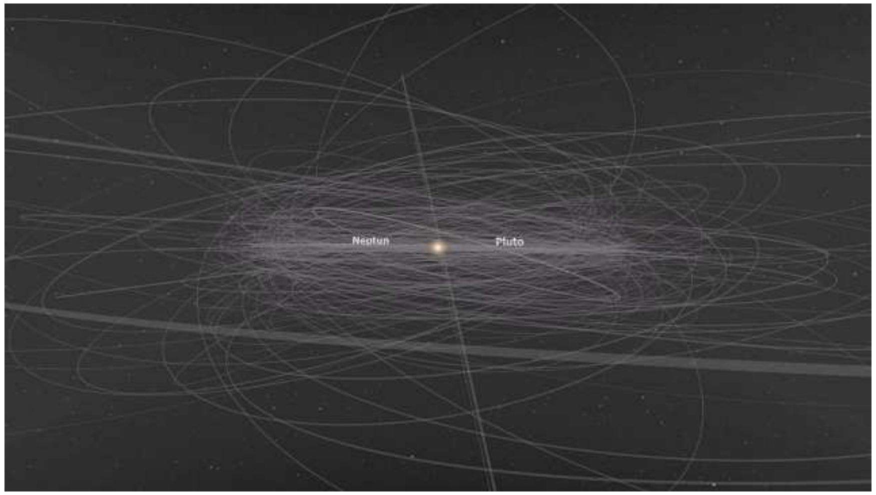
V jeho první části uvidíme dráhy planet, porovnáme vzdálenosti mezi tělesy, jejich velikosti; asteroidy (planetky), komety, měsíce, planety a Slunce budeme mít pěkně "seřazené vedle sebe" (obr. 8). Seznámíme se se silami, které působí mezi tělesy a v jejich nitrech.

Ve druhé části se vydáme na cestu jakousi meziplanetární sondou — jednotlivé planety si prohlédneme zblízka, dovíme se například o kráterech na Merkuru, skleníkovém jevu na Venuši, deskové tektonice na Zemi, vzniku Měsíce, sopkách na Jupiterově měsíci Io, Saturnových prstencích apod. Neopomeneme však ani vnější části sluneční soustavy (obr. 9), okolní hvězdy, extrasolární planety a polohu Slunce v Galaxii.

Třetí část filmu je věnována vzniku sluneční soustavy z plyno-prachového oblaku před 4 a půl miliardami let (obr. na titulní straně), budoucímu zániku Slunce a možnosti objevit život na vzdálených planetách.



Obr. 8 — Porovnání velikostí těles sluneční soustavy. Zleva: „velké“ měsíce planet, terestrické planety (Merkur, Mars, Venuše, Země), ledoví obři (Uran, Neptun), plynní obři (Saturn, Jupiter) a nakonec okraj Slunce.



Obr. 9 — Slunce uprostřed, okolo vyznačené trajektorie Neptunu, Pluta a stovky největších těles Kuiperova pásu.