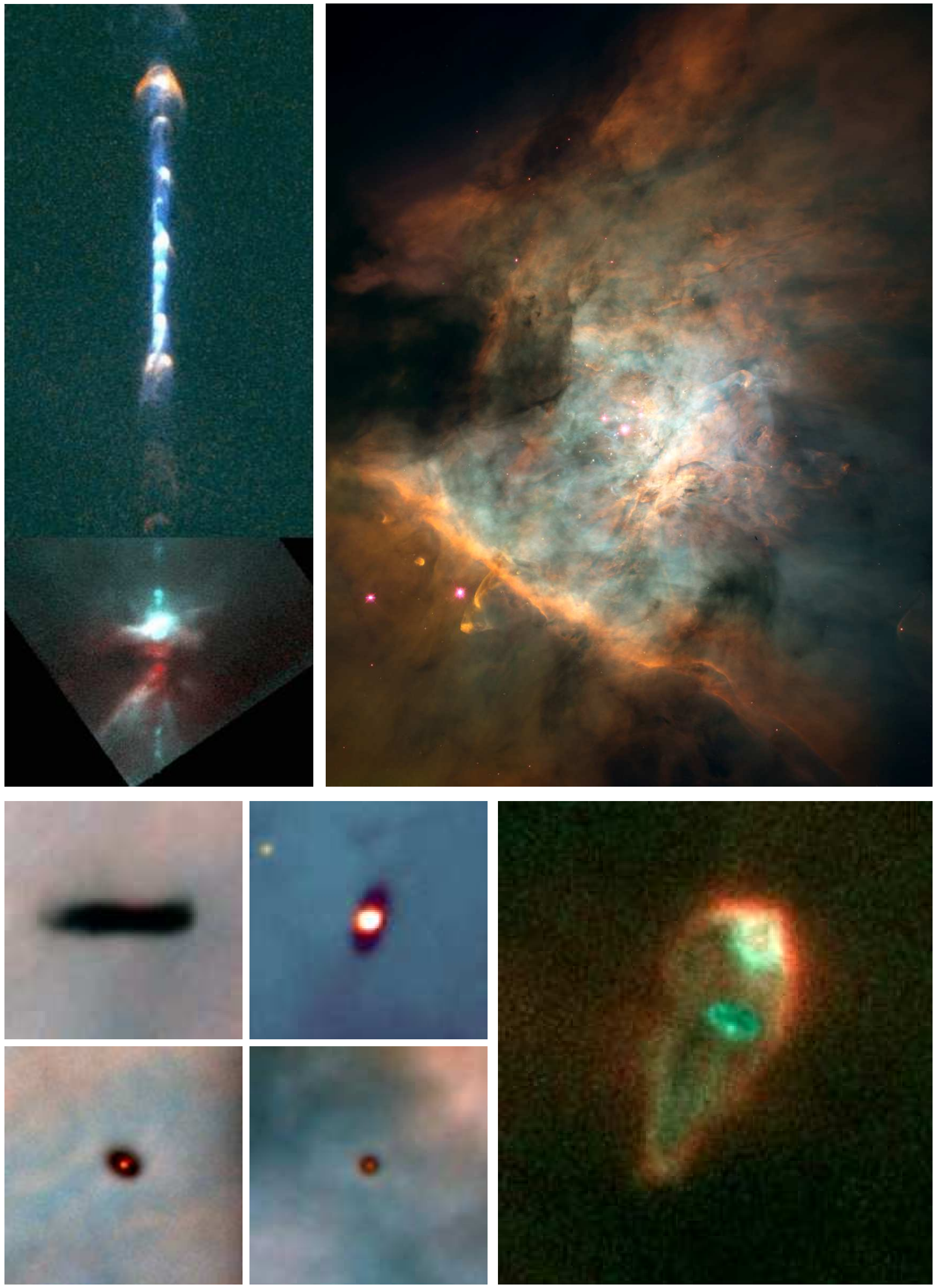
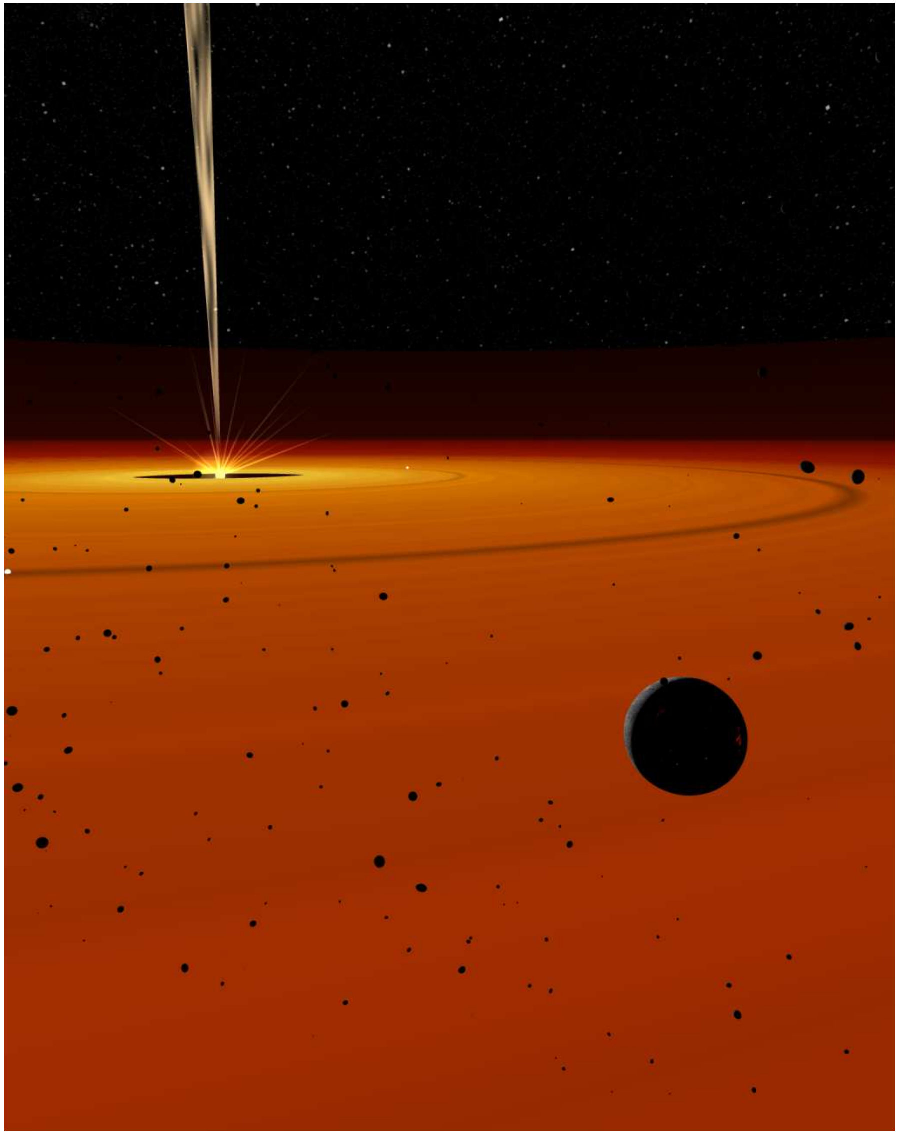
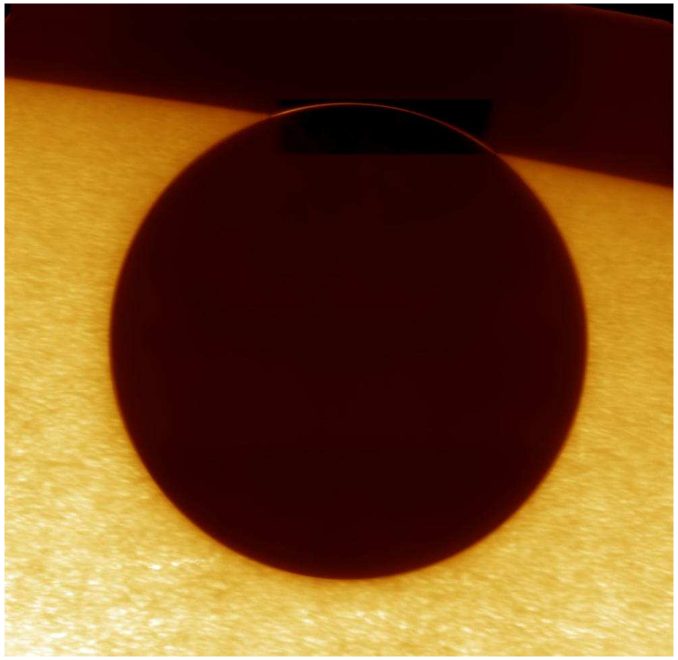


POVĚTROŇ

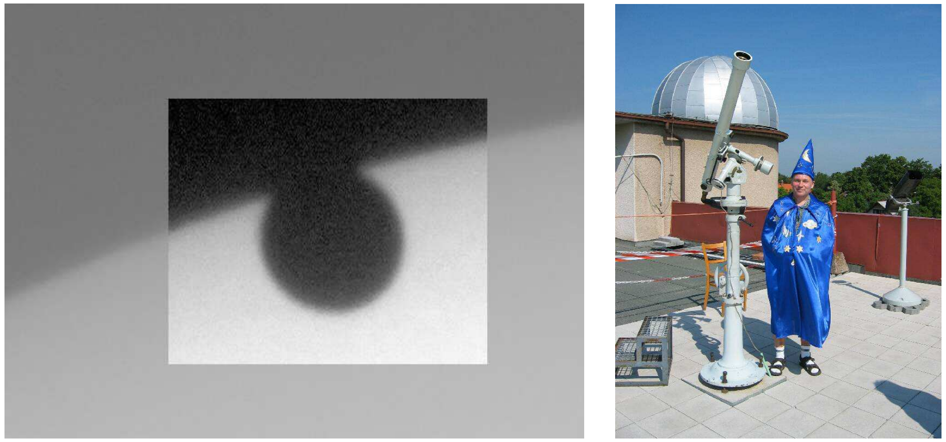
Královéhradecký astronomický časopis

číslo **4/2004**
ročník **12**





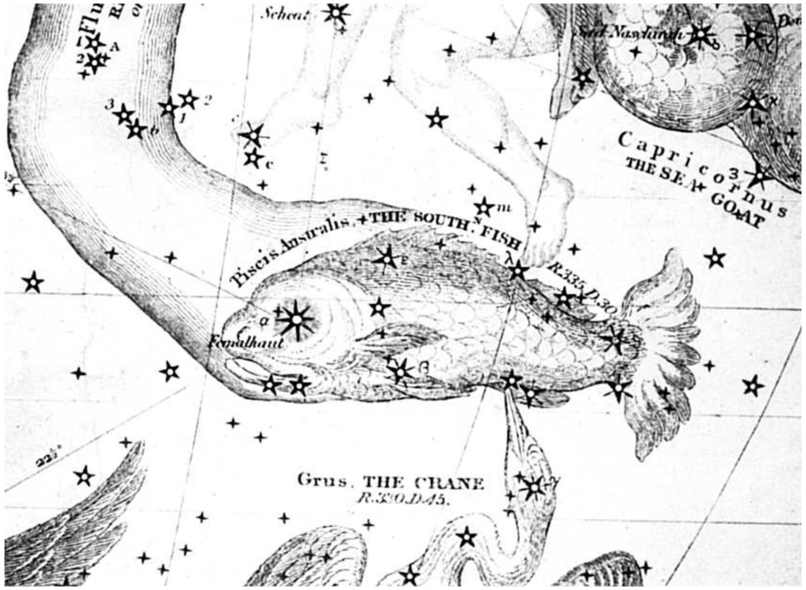
Obr. 12 — Několika obrázky se vracíme k přechodu Venuše přes Slunce 8. června 2004. Švédský dalekohled SST takto zachytil zářící atmosféru Venuše mezi 3. a 4. kontaktem. © RSAS.



Obr. 13 — (a) Výstup Venuše na stínítku v hlavní kopuli hradecké hvězdárny v 11 h 5 min UT. Ve středu obrázku byl uměle zvýšen kontrast. (b) Pracovník hvězdárny Josef Bartoška zajišťuje pro přechod pěkné počasí. Další snímky i krátký filmový sestřih dění na hvězdárně najdete na internetové adrese ⟨`http://www.astrohk.cz`⟩. Foto Miroslav Brož a Luděk Dlabola.

Obsah

strana



Titulní strana: Protoplanetární disk okolo Slunce před 4,56 miliardami let, v oblasti vzniku terestrických planet. Ukázka z filmu *Sluneční soustava 2003*. K článku na str. 16.

Astronomický kroužek na hvězdárně opět běží

Richard Lacko

Patříte-li mezi pravidelné čtenáře Povětroně, možná si vzpomenete na článek z čísla 2/2004 s názvem *Fylogeneze astronomického kroužku*, jehož autorem je Josef Bartoška, dlouholetý vedoucí astronomického kroužku na Hvězdárně a planetáriu v Hradci Králové. Autor rekapituluje historii astronomického kroužku, který byl založen na královéhradecké hvězdárně v polovině padesátých let 20. století, a jehož činnost trvala do roku 2001. V následujícím roce, jak autor sám uvádí, se již mladí astronomové na hvězdárně neukázali. Cituji z článku Josefa Bartošky: „Buďto byla provedena špatná propagace nebo mají tolik jiných možností, že si mohou sehnat informace jinde. Z encyklopedií, internetu nebo vlastní dalekohledy díky majetnějším rodičům. Také mohlo dojít k nějaké duchovní havárii mezi mládeží, a ta již astronomii vůbec k životu nepotřebuje.“ A přece, od otisknutí článku uplynulo několik měsíců a můžeme říci, že poslední věta určitě není pravdivá.

Od začátku měsíce října navštěvuje každou středu v 16 hodin královéhradeckou hvězdárnu několik mladých lidí ve věku 13 až 15 let. Jedná se o nové členy astronomického kroužku, který po několikaleté odmlce opět zahájil svoji činnost. Vedoucími jsou pracovníci hvězdárny Josef Bartoška a Richard Lacko, občasnou spolupráci přislíbili též Karel Bejček (v oboru kosmonautiky) a Miroslav Brož, který mimo jiné nabídl zprostředkování exkurze na některé z vědeckých astronomických pracovišť v České republice.

Obr. 1 — Immanuel Kant a Peirre-Simon Laplace.

několikrát hmotnějších než Jupiter, které navíc mohou obíhat blízko mateřské hvězdy (velká poloosa jejich dráhy je menší než 1 AU) nebo po výstředné dráze (s excentricitou větší než 0,1).

Zkusme nejprve rozmyslet odpovědi na nejzákladnější otázky: Proč se vůbec domníváme, že tu Slunce a planety nebyly věčně? Jak jsme mohli zjistit, kdy vznikly? A proč se domníváme, že vznikly z mlhoviny?

Nejstručnější možné odpovědi by snad mohly být: Slunce je konečně velká plynná koule, která evidentně září, a postupně tak zmenšuje energii. Je tedy zcela přirozené předpokládat, že nebude zářit ani nezářilo věčně. Planety vznikly asi spolu se Sluncem, protože jsou k němu gravitačně vázané a mají (až na těkavé prvky) skoro stejné chemické složení. Stáří různých částí Země, Měsíce, Marsu, některých planetek a meteoritů jsme mohli určit díky radioaktivitě — jádra nestabilních prvků se náhodně rozpadají, a jejich počet klesá exponenciálně s časem „krásně“ konstatní rychlostí. A mimochodem, stáří planet odpovídá energii ve Slunci obsažené. Hvězdy vznikají asi z mlhovin, protože v blízkosti mladých hvězd jsou vždy pozorována nějaká plyno-prachová oblaka, navíc stejného chemického složení jako povrch mladých hvězd, což těžko může být náhoda. Naštěstí lze poměrně snadno rozpoznat hvězdy mladé a staré — modely vývoje hvězd (tedy velkých horkých plynných koulí) říkají zhruba toto: hvězdy *velmi hmotné* svítí jasným namodralým světlem a žijí krátkou dobu (a naopak méně hmotné svítí slabě, načervenale a žijí dlouho).[2] Čili, podle barvy, jasnosti a vzdálenosti hvězdy lze odhadnout její hmotnost; pokud jsou v nějaké hvězdokupě přítomné kromě méně hmotných hvězd i velmi hmotné, znamená to, že hvězdokupa nemůže být příliš stará.

[2] Kvantitativně vyjádřeno: hmotnosti hvězd se pohybují v intervalu $(0{,}02; 100)\,M_\odot$, povrchové teploty $(3\,000; 100\,000)$ K, zářivé výkony $(10^{-5}; 10^5)\,L_\odot$ a životní doby (100 Gy; 1 My).

Setkání s posledním mužem na Měsíci

Adriana Šmídová

Ve středu 29. září 2004 jsme měli vzácnou příležitost se osobně setkat s kapitánem Eugenem A. Cernanem, slovy letáku „hrdinou dobývání kosmu“, astronautem s československými předky (prarodiče z otcovy strany pocházeli z Vysoké nad Kysucou a rodiče jeho matky pocházeli od Tábora). Setkání probíhalo v Praze na Václavském náměstí v knihkupectví Academia, zahájení bylo plánováno na pátou hodinu odpolední, ale již dobrou hodinu před tím se v druhém patře nedočkavě hemžilo na padesát lidí. Po tu dobu bylo astronauta vidět pouze zezadu, obklopeného novináři a fotografy. Konečně udeřila pátá a my, kdo nejsme fotografové ani novináři, jsem ho konečně mohli spatřit. Ne příliš velký prostor, naplněn teď již asi stovkou lidí, ztichl.

Paní Helena Illnerová, předsedkyně Akademie věd České republiky, na úvod představila jeho knihu Poslední muž na Měsíci (jejímiž autory jsou Eugen Cernan a Don Davis). Pak se dostal ke slovu autoritativní krásný člověk, samotný kapitán Cernan. My všichni jsme sem přijeli, abychom viděli astronauta, a bělovlasý sedmdesátiletý muž nás opravdu nezklamal. Pronesl poděkování paní Illnerové a řekl pár slov o jeho vztahu k naší zemi. Následovala samotná autogramiáda, která skončila až v sedm hodin. Dovolte mi jen trochu připomenout slavnou historii: Eugen Cernan letěl do vesmíru poprvé 3. 6. 1966 v lodi Gemini 9A, a pak 18. 5. 1969 v Apollu 10. Vrcholem jeho kariéry by však jeho let v Apollu 17, a to 7. 12. 1972, v posádce s Harrisonem Schmittem, lunárním geologem, a Ronaldem Evansem, pilotem velitelského modulu. Cernan se Schmittem tehdy podnikli tři výstupy s celkovým trváním 22 hodin. Ale více než fakta, která tu zůstanou navždy, jsem při autogramiádě (a především při krátkém rozhovoru) poznala, že je to neuvěřitelně milá velká osobnost s úsměvem pro každého.

Obr. 2 — Mísení Planckových funkcí a následné „rozmazání“ spektra.

prachové pásy (β Pic, ε Eri), prstence vyvolané gravitačními rezonancemi nebo zhustky prachu v disku.

Gravitační kolaps

Aby z rozsáhlého, řídkého a elektricky neutrálního oblaku vznikla stabilní hvězda a planetární systém, musí se oblak smrštit. Gravitační kolaps velkého molekulárního oblaku začíná tehdy, je-li jeho hmotnost M dostatečné veliká vzhledem k jeho hustotě ϱ a teplotě T. Pochopitelně, kdyby byla hustota příliš nízká a teplota přiliš vysoká, spád (gradient) tlaku plynu (neboli odpudivé elektromagnetické síly mezi atomy a molekulami oblaku) by převážily nad přitažlivou gravitací a oblak by se spíše rozplýval než kolaboval. Podrobnější analýza ukazuje, že pro kolaps musí být splněno následující *Jeansovo kritérium* [džínsovo]:

$$M > M_{\mathrm{J}} \simeq \left(\frac{kT}{G\mu_a m_{\mathrm{u}}}\right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{\varrho}}\,, \qquad (1)$$

kde M_{J} označuje Jeansovu (kritickou) hmotnost, k Boltzmannovu konstantu, G gravitační konstantu, μ_a průměrnou hmotnost molekul v atomových hmotnostních jednotkách m_{u}. Pro typický GMC pak vychází počáteční hmotnost kolabujícího oblaku o několik řádů větší než hmotnost Slunce. Jednotlivé hvězdy, o hmotnostech řádu $M_\odot$, vzniknou díky *fragmentaci* oblaku na menší části. Tím si také vysvětlujeme, proč vzniká mnoho hvězd najednou a proč tedy pozorujeme hvězdokupy.

Podle (1) nejprve kolabují nejhustší a nejchladnější jádra oblaků. Nejprve se tedy hroutí samotný střed zhuštěniny a teprve potom na ni padají ostatní vnější části fragmentu oblaku. Pro takový druh kolapsu, který postupuje „zevnitř ven“, se užívá anglický termín inside–out kolaps.

Zákon zachování momentu hybnosti vyžaduje, aby byla v jistém smyslu zachována rotace původního oblaku. Při fragmentaci se moment hybnosti částečně přenese z otáčení celého oblaku do obíhání jednotlivých fragmentů kolem sebe. Fragmenty se pak ze stejného důvodu přemění z kulových útvarů na diskové.

Složení a stáří protoplanetárního disku

Je velmi pravděpodobné, že sluneční pramlhovina měla obdobné chemické složení jako většina molekulárních oblaků (viz tab. 1).

Jenniskens, P., *Astron. J.*, 2004, **127**, s. 3018 identifikoval mateřský objekt meteorického roje Kvadrantid — na základě orbitálních dat je jí planetka 2003 EH_1, nedávno objevená přehlídkou LONEOS. Dříve se předpokládalo, že Kvadrantidy jsou starý a rozptýlený roj, jehož mateřské těleso buď zaniklo, nebo přešlo na odlišnou dráhu. Zatím se nepodařilo prokázat spojitost mezi 2003 EH_1 a kometou C/1490 Y1, jejíž rozpad by mohl Kvadrantidy vytvořit.

Hsieh, H. H. aj., *Astron. J.*, 2004, **127**, s. 2997 referuje o pozoruhodné kometě 133P/Elst-Pizarro, která má asteroidální dráhu (podobnou rodině Themis) a v roce 1996 vykazovala anomálně úzký ohon, o kterém se spekulovalo, že by mohl být způsoben náhodným impaktem malého objektu. Nové snímky z roku 2002, na kterých je úzký ohon rovněž viditelný, však tuto hypotézu vyvrací. Možná se tedy původně jedná o málo aktivní kometu Jupiterovy rodiny. Dráha komety se vyvinula pod vlivem nesymetrických negravitačních sil tak, že se dnes podobá drahám asteroidů rodiny Themis. Anebo by mohlo jít původně o planetku, na které byl impaktem odkryt led.

Bizzarro, M. aj., *Nature*, 2004, **431**, s. 275 zkoumají primitivní meteorit Allende. Na základě obsahu izotopu ^{26}Mg (který vzniká rozpadem radioaktivního ^{26}Al s poločasem rozpadu 0,73 Myr) odvozují, že vápnito-hlinité částice (CAIs) a silikátové chondry začaly vznikat současně, období vzniku CAIs přitom trvalo jen asi 50 000 roků a období vzniku chonder pak pokračovalo další 2 až 3 My. (Pro vznik CAIs a chonder je třeba zahřátí materiálu na $\sim$1 000 K během několika minut a ochlazení během několika desítek minut.) Zřejmě se jedná o důležité měření, omezující modely vzniku sluneční soustavy.

Gnos, E. aj., *Science*, 2004, **305**, 5684, s. 657 určili místo, odkud pochází měsíční meteorit Sayh al Uhaymir 169. Ten je tvořen impaktní brekcií velmi obohacenou draslíkem, prvky vzácných zemin a fosforem. Podrobná izotopová analýza odhalila čtyři impaktní přeměny, kterými metorit prošel: před $(3\,909 \pm 13)$ My, $\sim$2 800 My, $\sim$200 My a $<0{,}34$ My; kolize se Zemí pak nastala asi před $(9{,}7 \pm 1{,}3)$ ky. Materiál pochází z okolí Mare Imbrium, nejpravděpodobněji z malého čerstvého kráteru severně od kráteru Lalande (obr. 11).

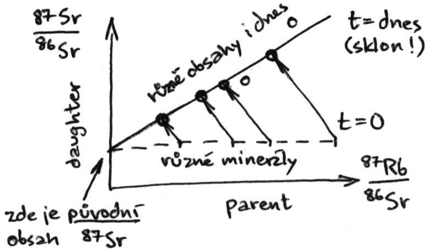
Rose, Ch., Wright, G., *Nature*, 2004, **431**, s. 47 uvádějí, že „podepsaná hmota“ je efektivnější způsob komunikace s mimozemskými civilizacemi než elektromagnetické vlny: je energeticky podstatně výhodnější a také trvanlivější — vzkaz lze přečíst i dávno poté, co civilizace přestane existovat. Ostatně, pokud vyspělé civilizace trvají pouze krátkou dobu a míjejí se v čase, je pravděpodobnější, že se kontakt s mimozemskou civilizací uskuteční prostřednictvím fyzických artefaktů než rádiových vln.

Chini, R. aj., *Nature*, 2004, **429**, 6988, s. 155 objevili v mlhovině Omega (M 17) protohvězdu o hmotnosti asi 20 $M_\odot$, která přitom stále nabírá hmotu z okolního akrečního disku, jehož hmotnost je větší než 100 $M_\odot$. To je překvapivý objev, protože teoretické modely předpovídaly, že kvůli tlaku záření protohvězdy

Například pro β rozpad $^{87}\mathrm{Rb} \to {}^{87}\mathrm{Sr}$, který budeme poměřovat se stabilním ^{86}Sr, můžeme místo rovnice (4) psát:

$$\frac{[^{87}\mathrm{Sr}]}{[^{86}\mathrm{Sr}]} = \left(\frac{[^{87}\mathrm{Sr}]}{[^{86}\mathrm{Sr}]}\right)_0 + (\mathrm{e}^{\lambda t} - 1)\frac{[^{87}\mathrm{Rb}]}{[^{86}\mathrm{Sr}]}\,. \tag{5}$$

Je tu však jedna podstatná obtíž: nemůžeme přece měřit, kolik bylo nestabilních jader na začátku! Tuto neschopnost však můžeme elegantně obejít: vezmeme nejméně dva vzorky z *různých částí* horniny a hmotnostním spektrometrem změříme *různé poměry* koncentrací $^{87}\mathrm{Rb}/^{86}\mathrm{Sr}$ a $^{87}\mathrm{Sr}/^{86}\mathrm{Sr}$. Vyneseme je do grafu (obr. 3) a spočteme regresní přímku tvaru $y = a + bx$ (izochronu) metodou nejmenších čtverců. Obdržíme tak koeficienty $a = (^{87}\mathrm{Sr}/^{86}\mathrm{Sr})_0$ i $b = e^{\lambda t} - 1$ a z nich již snadno vypočteme dobu t.



Obr. 3 — Příklad izochrony pro přeměnu $^{87}\mathrm{Rb} \to {}^{87}\mathrm{Sr}$.

Pro horniny různých částí Země obdržíme různá radiometrická stáří: nejčastěji od nuly do $\sim$1 Gy. Pro Měsíc jsou nejobvyklejší hodnoty mezi 3,8 a 3,1 Gy. Stáří povrchů jiných těles, z nichž nemáme vzorky, můžeme poměřovat počtem impaktních kráterů, který porovnáváme s počtem kráterů na Měsíci. Velmi zajímavý výsledek však obdržíme pro primitivní meteority — obyčejné chondrity, zvláště pro jejich části zvané vápnito–hlinité inkluze (CAI) a chondry: $(4{,}56 \pm 0{,}01)$ Gy. Právě proto, že *všechny* meteority tohoto druhu mají toto stáří a ve sluneční soustavě neexistuje nic staršího, říkáme, že sluneční soustava vznikla v této době.

Připomeňme, že radiometrické metody neurčují stáří materiálu jako takového, ale vznik krystalové mřížky, případně datují její další přeměny: částečná přetavení, průchody rázových vln při impaktech, doby expozice kosmickým zářením apod. Samotné protony, neutrony a elektrony jsou jistě starší než naše sluneční soustava, protože prakticky všechny vznikly při velkém třesku před $(13{,}7 \pm 0{,}2)$ Gy.

Struktura protoplanetárního disku

Odhadněme nejdříve, jakou měl disk teplotu. Zřejmě bude teplota se vzdáleností od Protoslunce klesat, neboť se vzdalujeme od zdroje energie. Když bude

emisní čáry helia a kyslíku, ale naprosto žádné stopy po vodíku (u běžných nov jsou ve spektru nejsilnější emisní vodíkové čáry). (astro-ph/0409525)

V článku *Winking-Star Mystery Solved.* Sky & Telescope, July 2004, s. 16 je zmíněna zákrytová dvojhvězda KH 15D v souhvězdí Mon, u které dochází k podivným proměnám doby zákrytů. Podařilo se je vysvětlit tak, že dvojhvězda je postupně zakrývána hranou prachového oblaku.

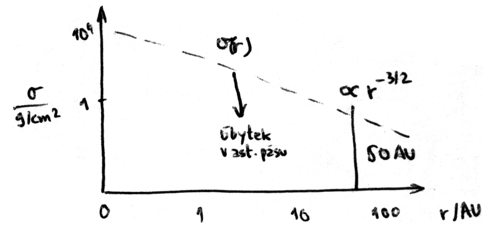
Na kolokviu IAU č. 197 „Dynamika populací planetárních systémů", které se konalo v Bělehradě od 31. 8. do 4. 9. 2004, zazněl mimo jiné přehledový příspěvek W. Bottkeho aj. o původu a transportu meteoritů. Podle [3] se zdá, že desetitisíce meteoritů nalezených na Zemi pochází z pouhých 35 různých mateřských těles. Autoři se snaží toto číslo získat z dynamického modelu hlavního asteroidálního pásu [2], který je ověřen podle pozorovaného rozdělení velikostí těles hlavního pásu, i blízkozemních asteroidů. Tělesa o velikosti řádu 1 m, která nejsou přímo pozorovatelná, ale která potenciálně mohou být prekurzory meteoritů, jsou podle modelu z hlavního pásu záhy po svém kolizním vzniku „vymetena" — jejich počet poklesne o dva řády za 130 My — působením Jarkovského jevu a gravitačních rezonancí. Z toho je možno spočítat, že k Zemi se dostávají jen fragmenty z relativně nedávných srážek, a že bychom měli pozorovat jejich původ z asi 45 mateřských těles, což je v dobré shodě s výše uvedeným pozorováním.

M. Tsiganis aj. prezentovali významné zlepšení svého modelu migrace planet v planetesimálním disku [2]. Jeho předchozí verze ukazovala, že migrace byla nejprve pomalá a asi po 600 milionech let se mohla zrychlit poté, co se planety Jupiter a Saturn dočasně zachytily ve 2:1 rezonanci středních pohybů. V tomto období je však velmi nestabilní oblast Trojanů, což se zdálo být v příkrém rozporu s pozorováním — vždyť dnes jsou Trojané velmi početní. Nyní objevili, že oblast je sice při 2:1 rezonanci destabilizovaná, ale zároveň se v této oblasti střídá mnoho těles na excentrických a skloněných drahách při tom, jak se pohybují v planetesimálním disku. Když se planety po asi 100 My posunou a rezonance najednou pomine, stane se oblast Trojanů opět stabilní, všechna tělesa, která se tam zrovna nacházela zůstanou „uvězněna" a vytvoří tak dnešní populaci Trojanů. Rozdělení sklonů drah takových těles odpovídá sklonům Trojanů, což lze považovat za významný argument pro tuto teorii.

Okamoto, Y. K. aj., *Nature*, 2004, **431**, s. 660 pojednává o hvězdě β Pictoris, která je známá tím, že ji obklopuje rozsáhlý prachový disk. Nová pozorování ve středním infračerveném pásu odhalila sub-mikrometrová amorfní silikátová zrnka, koncentrující se ve vzdálenostech 6, 16 a 30 AU od β Pic. Protože tak malá zrnka bývají velmi rychle odvanuta hvězdným větrem, „označují" zmíněné koncentrace ta místa, kde prach přímo vzniká, pravděpodobně při srážkách v pásech planetesimál.

Lawrence, J. S. aj., *Nature*, 2004, **431**, s. 278 referuje o překvapivě vynikajícím seeingu na observatoři Dome C v Antarktidě, na 75° j. š.: mediánová hodnota

Ve vzdálenosti Jupitera vychází $\sigma_J \simeq 500\,\mathrm{g/cm^2}$.[5] Integrováním $\sigma(r)$ přes r od 0,1 do 50 AU vychází celková hmotnost disku 0,04 $M_\odot$. Dolní mez odpovídá pozorováním, že disky nepřiléháji těsně ke hvězdám, ale díky silnému UV záření je okolo hvězdy vytvořena mezera. Horní mez jsme zvolili podle pozorování transneptunických těles, která zde skutečně rychle ubývají.



Obr. 4 — Plošná hustota σ protoplanetárního disku v závislosti na vzdálenosti r od Slunce.

Výše uvedený odhad hmotnosti je poněkud minimalistický, protože jsme předpokládali, že v disku zůstaly všechny refraktorní (netěkavé) prvky. Proto se tomuto modelu v anglické literatuře říká minimum-mass nebula. Také jsme předpokládali, že planety byly v minulosti vždy na svých současných vzdálenostech, ale podrobnější analýzy ukazují, že planety během existence disku výrazněji migrovaly, tj. měnily svoje velké poloosy.[6]

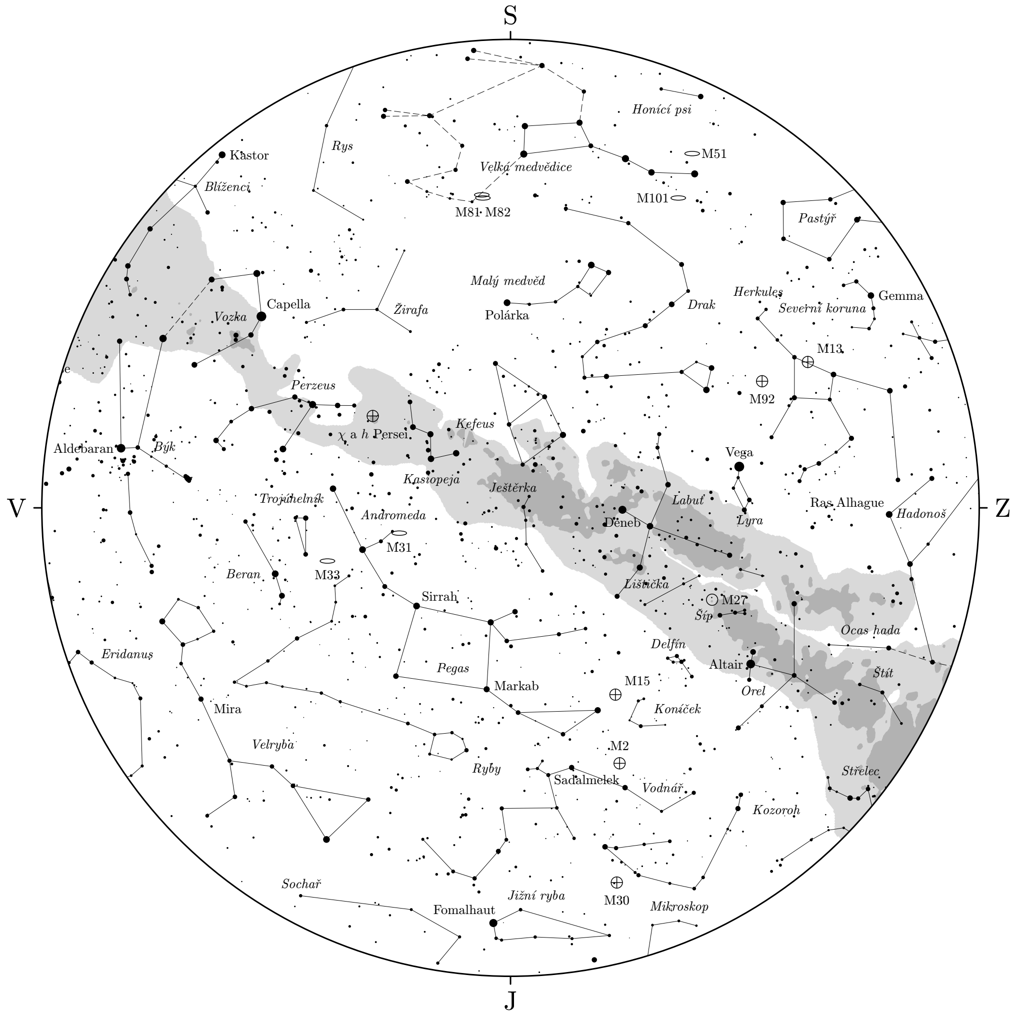
Jak odhadnout tloušťku disku? (Ta je dosti podstatná, protože zatím máme pouze odhad plošné hustoty σ, ale pro fyzikální procesy v disku je směrodatná objemová hustota ϱ.) Udělejme to takto: zkusme napsat pohybovou rovnici pro pohyb nějaké malé částečky ve směru osy z, tj. kolmo k rovině disku. To není nijak neobyvklý přístup — chceme přece zjistit, jestli se takové částečky budou soustřeďovat těsně při rovině disku ($z = 0$), to by vedlo k tenkému disku s vysokou hustotou, nebo budou naopak odtlačovány, a disk tak vyjde řídký a tlustý. Vlastně, chceme-li zkoumat pouze disk v rovnováze, pak musí být velikost zrychlení působící na částečku rovna nule a pohybová rovnice ($F = ma$) se redukuje na rovnici vyjadřující rovnováhu sil ($F = 0$). Podstatné jsou zde dvě síly: gravitace Slunce a síla vznikající *gradientem tlaku*. Zanedbáme vlastní gravitaci disku, protože, jak jsme viděli, jeho celková hmotnost je o dva řády menší než $M_\odot$.

[5] To řádově odpovídá sloupcové hustotě zemské atmosféry — vzduch má při povrchu hustotu $\varrho \doteq 1\,\mathrm{kg/m^3}$ a tato exponenciálně klesá s výškou; když si pro jednoduchost představíme sloupec vzduchu o konstantní hustotě ϱ a vysoký $h = 5\,\mathrm{km}$, dostaneme sloupcovou hustotu $\sigma = h\varrho = 5\,000\,\mathrm{kg/m^2} = \sigma_J$.

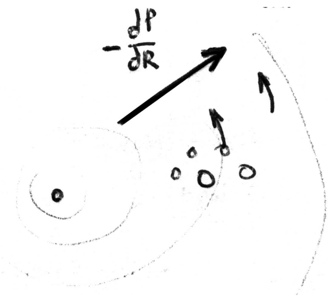
[6] Viz str. 22 o destabilizaci protoplanetárního disku při dočasném zachycení velkých planet v gravitačních rezonancích, které dobře vysvětluje období pozdního velkého bombardování a zachycení Trojanů.

Je tedy možné poměrně snadno planetu vyhledat a pozorovat ji za dne. Koncem prosince, 29. 12. ráno, můžete zkusit fotografovat seskupení Merkuru, Venuše, Marsu a Antara.

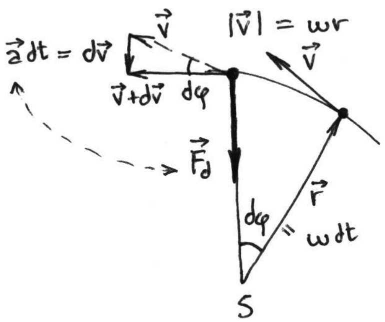
Podzim je také obdobím meteorických rojů — vzpomeňte na maximum meteorického roje Leonid, které připadá na 17. 11. večer. Letos však již nebude dosahovat takové intenzity jako v minulých letech. Maximum Geminid připadá na 13. 12. odpoledne, po setmění budeme moci pozorovat alespoň zvýšenou činnost.



Obr. 10 — Mapka oblohy pro 1. listopad, 20 hodin SEČ.



Obr. 5 — Silové působení gradientu tlaku v plynném oblaku a vnořené planetesimály obíhající rychleji než plyn.



Obr. 6 — Pohyb po kružnici a dostředivá síla.

Konec odboček. Posuďme rovnovážný setrvačný pohyb částečky podél osy z. Zetová složka gravitační síly Slunce na jednotku objemu plus záporně vzatý gradient tlaku ve směru osy z jsou tedy rovné nule, neboli

$$-\varrho g_z - \frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} = 0 \tag{12}$$

Za zrychlení g_z můžeme dosadit z Newtonova gravitačního zákona a máme

$$\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} = -\varrho g_z = -\varrho \frac{GM_\odot}{r^2}\frac{z}{r} = -\varrho\omega_\mathrm{k}^2 z\,, \tag{13}$$

kde člen $\frac{z}{r}$ je kvůli vyjádření z-složky gravitační síly a $\omega_\mathrm{k} \propto r^{-3/2}$ je shodou okolností keplerovská úhlová rychlost. Rádi bychom z této rovnice vypočítali, jak závisí hustota ϱ na z. Ale jak, když se nám tam plete neznámý tlak P?

Předpokládejme tedy, že se v disku nachází ideální plyn, tzn. splňující *stavovou rovnici* $\frac{PV}{T}$ = konst. (Ony se při nízkých tlacích a hustotách prakticky

Film je určen žákům druhého stupně základních škol,[8] středoškolákům i zájemcům o astronomii z řad široké veřejnosti. Navštívíte-li hradeckou hvězdárnu, můžete film shlédnout při programech v kinosále. Domovská stránka filmu je

⟨`http://www.astrohk.cz/ss2003/`⟩

Zde můžete film stáhnout v různém rozlišení a kódování,[9] sledovat jej on-line ze streamovacího serveru, najdete tu i statické ukázky, psaný scénář, podrobnější informace o filmu, jeho výrobě a projekci, případně zdrojové kódy všech animací.

Film vznikl počítačovou třírozměrnou animací v programu PovRay, přičemž jsme využili reálné snímky a data z kosmických sond. Pro zpracování filmu jsme mimo jiné použili volně šiřitelný software GNU/Linux, MOSIX, MPlayer, Gimp, CinePaint, AudaCity a DVDAuthor. Pouze spojení animací, mix hudby a mluveného slova byly provedeny komerčním programem Adobe Premiere.

Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové vydala film na DVD-Video disku, opatřeném českou a anglickou jazykovou verzí, českými a anglickými titulky, doplněném několika 3-D animacemi ve formátu stereo/anaglyph (a příslušnými červeno-modrými brýlemi).[10] Knížečka, která je v krabičce, obsahuje na 16 stranách český a anglický text filmu a aktuální tabulkové údaje o tělesech sluneční soustavy. Budete-li mít o DVD zájem, můžete jej za 200,– Kč (plus 70,– Kč za dobírku) objednat na adrese: Hvězdárna a planetárium, Zámeček 456, 500 08 Hradec Králové, telefon +420–495264087, e-mail ⟨`ekonom@astrohk.cz`⟩.

Sváteční zatmění Měsíce 28. října 2004

Petr Soukeník

A máme opět jedno zatmění za sebou. Pro tento rok už druhé a zároveň poslední. Podobně jako v květnu (viz Povětroň 3/2004, str. 4), i nyní, 28. října 2004 ráno, jsem nechtěl propást tuto jedinečnou astronomickou událost. Ještě večer vše vypadalo dost pesimisticky. Obloha úplně zatažená. Ale protože jsem od přírody optimista, připravil jsem si večer vše potřebné, nastavil budíka a šel spát s vírou, že po druhé hodině ranní tomu bude jinak, že se oblačnost naráz rozestoupí a bude možné celý úkaz shlédnout.

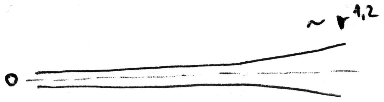
Jenže v půl druhé ráno to bylo úplně jinak. Obloha úplně zatažená. Víra a optimismus mě ale nenechali schovat se pod peřinu, nýbrž přinutili obléknout

[8] Pro žáky prvního stupně ZŠ je vhodnější film doprovodit zjednodušeným komentářem.

[9] Od vysoké kvality 1024×576 pxl., kodek M–JPEG, velikost ∼2 GB; přes DVD–Video PAL 720×576 pxl., MPEG–2; po malý náhled 180×144 pxl., MPEG–4.

[10] Aby byl 3-D efekt dobře patrný, je nutné mít vhodně nastavený jas, kontrast a barevné vyvážení. U počítačových monitorů přepněte režim na sRGB nebo barevnou teplotu na 5 500 K.

$\frac{H}{r} \approx 0{,}1$ (viz obr. 7). Vyjádříme-li objemovou hustotu $\varrho(r)$ z (15) a dosadíme-li z (17) a (8), zjistíme, že klesá se vzdáleností jako $r^{-11/4}$.



Obr. 7 — Tlouška disku H v závislosti na vzdálenosti r.

Jaký je závěr? Celková hmotnost protoplanetárního disku je asi 0,04 $M_{\odot}$; disk je veliký asi 100 AU. V disku platí následující úměry:

$$T \propto r^{-1/2}\,, \tag{18}$$
$$\sigma \propto r^{-3/2}\,, \tag{19}$$
$$\varrho \propto \mathrm{e}^{-z^2}\,, \tag{20}$$
$$H \propto r^{5/4}\,, \tag{21}$$
$$\varrho \propto r^{-11/4}\,. \tag{22}$$

Tyto vlastnosti disku jsme přitom odvodili poměrně jednoduše: (18) plyne ze zákona zachování energie, (19) je výsledkem pozorování (tj. hmotností, poloh a chemického složení planet), (20) a (21) jsme vypočetli z rovnováhy mezi gradientem tlaku ideálního plynu a gravitační silou, a (22) je důsledkem (19) a (21).

Anglický terminologický slovníček

Připojujeme slovníček některých termínů, s nimiž se můžete setkat při čtení anglické odborné literatury o vzniku sluneční soustavy.

abundance [ə'bandəns] — zastoupení prvků
collison [kə'ližn] — srážka
equation of state [ikweišn ov steit] — stavová rovnice
extinct element [iks'tiŋkt elimənt] — nestabilní prvek (nuklid) s krátkým poločasem přeměny, který již dnes ve sluneční soustavě nepozorujeme
extrasolar planet [eksrtəsoulə plænit] — extrasolární planeta
gas-dust cloud [gæs dast klaud] — plynoprachový oblak
giant molecular cloud (GMC) [džaiənt mou'lekjulə klaud] — velký plynoprachový oblak
giant planets (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune) [džaiənt plænits, džu:pitə, sætə:n, ju'ranəs, neptju:n] — velké planety (Jupiter až Neptun)
gravitational collapse [græviteišnəl kə'læps] — gravitační kolaps
isochron [aisəkrən] — izochrona, čára stejného stáří, užívaná v radiometrické analýze
Jeans criterion [džíns krai'tiəriən] — Jeansovo kritérium
Keplerian velocity [kepleriən vi'lositi] — keplerovská rychlost
metallicity [meta'lisiti] — podíl „kovů“ (prvků hmotnějších než helium)
meteorite [mi:tjərait] — meteorit
migration [mai'greišn] — migrace, změny velkých poloos planet