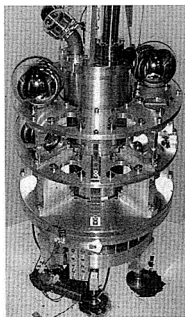


Astronomické novinky 18

Miroslav Randa*, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

Gravitační konstanta patří mezi základní fyzikální konstanty, přesto její hodnotu známe s relativně malou přesností. Příčina je ve slabosti gravitační interakce vůči interakcím ostatním, což vede ke komplikacím při jejím měření: je totiž nutné co nejlépe odstínit všechna elektromagnetická pole. Přitom ale potřebujeme dostatečně velká tělesa (pochopitelně obsahující nabitě částice), aby byla gravitační síla co největší. **Měření gravitační konstanty** na aparatuře (viz obr. – průměr koule je 12,5 cm) v principu podobné původnímu Cavendishovu uspořádání z roku 1798 uskutečnil Jens Gundlach [3] se spolupracovníky a zlepšil přesnost konstanty dokonce desetkrát. Podle nových měření má konstanta hodnotu $(6,67390 \pm 0,00009) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, tj. s nepřesností 0,0014 %. Spojení této hodnoty s měřeními družice Lageos umožnilo zpřesnit hodnoty hmotnosti Země na $(5,97223 \pm 0,00008) \cdot 10^{24} \text{ kg}$ a hmotnosti Slunce na $(1,98843 \pm 0,00003) \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

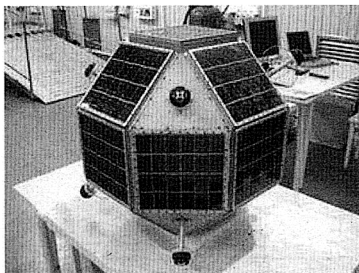


Země

Prestížní časopis *Science* vytypoval na konci roku 2002 **desítku fyzikálních objevů**, které nejvýrazněji přispěly k pokroku našich znalostí v uplynulém roce. Není žádným překvapením, že tři z uvedených hitů patří do oblasti astronomie. Mezi desítku nejvýznamnějších objevů se dostala samozřejmě **detekce všech typů neutrin** detektorem Sudbury Neutrino Observatory, umožňující lépe pochopit procesy v nitru Slunce (rozvoj neutrinové astronomie popisuje samostatný článek [2] v tomto čísle). Také **pozorování polarizace mikrovlnného reliktního záření** sondou WMAP, které vedlo k významnému zpřesnění našeho pohledu na počáteční okamžiky vesmíru, bylo velice významným kosmologickým počinem, a. Do desítky se dostalo i **zlepšování systémů adaptivní optiky**, díky níž můžeme pozorovat stále ostřejší obrázky kosmických objektů, od slunečních skvrn až po bouřková mračna na Titanu, největším měsíci Saturnu. Dalšími pozoruhodnými počiny astronomů v loňském roce jsou další vylepšení přístrojového vybavení Hubblova kosmického dalekohledu HST, pozorování komety Ikeya-Zhang i dokončovací práce na detektoru gravitačních vln LIGO.

Astronomové si také rozdělili **Nobelovu cenu za fyziku za rok 2002**: Raymond Davis a Masatoši Košiba za neutrinovou a Riccardo Giacconi za rentgenovou astronomii.

Po oběžné dráze kolem Země obíhá v současné době již **šestá česká družice** s názvem MIMOSA (název je zkratkovým slovem z anglických slov **M**icro**M**easurements **O**f **S**atellite **A**ccelerations, tedy přibližně měření malých zrychlení družic) – viz obr. Družice byla vypuštěna 30. června 2003 z ruského kosmodromu Pleseck a jejím úkolem bylo měřit negravitační zrychlení působící na družice, tj. zejména vlivy odporu atmosféry, tlaku přímého a odraženého slunečního záření a

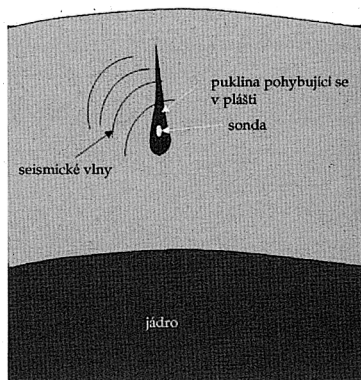


* randam@kof.zcu.cz

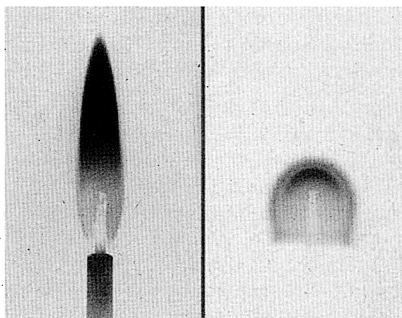
tepelného záření Země. Na základě naměřených hodnot pak měly být studovány vlastnosti vyšších vrstev atmosféry (řádově stovky kilometrů nad povrchem Země). Bohužel po úspěšném startu vznikla na družici porucha a následně došlo ke ztrátě spojení.

Zajímavý příspěvek k rozvoji života na Zemi přinesli ve svých článcích Tori Hoehler a David Catling s kolektivní spoluautorů. Těžištěm jejich zájmu bylo, proč se na Zemi před více než 2 miliardami let objevilo v atmosféře velké množství kyslíku, které umožnilo přechod od jednobuněčných organismů k mnohobuněčným. I když postupovali jinými cestami (Hoehler měřením složení plynů vylučovaných primitivními organismy, Catling vytvořením teoretického modelu procesů probíhajících v tehdejších podmínkách), dospěli ke stejným závěrům, podle nichž došlo v době zhruba před 2,4–2,2 miliardami let k úniku velkého množství atomů vodíku do kosmického prostoru, a to jednak v podobě samotných vodíkových atomů, jednak jako součásti molekul metanu vylučovaných mikroorganismy. V atmosféře pak zůstaly z disociovaných molekul vody atomy kyslíku.

Sondu, která by měla být vypuštěna zcela netradičně **do středu Země**, navrhl David Stevenson s cílem studia zemského jádra. O tom, že zemské jádro sestává z vnitřního pevného jádra obklopeného roztaveným vnějším jádrem víme jen z nepřímých měření: ze studia seismických vln a zemětřesení, z analýzy meteoritů a z experimentů prováděných v laboratorních podmínkách za vysokého tlaku. Navržená sonda (viz obr.) velikosti grapefruitu by cestovala jádrem rychlostí 5 metrů za sekundu a měřila by teplotu, elektrickou vodivost a chemické složení jádra. Komplikací ale zůstává prvotní impuls vyžadující energii 10^{15} J, což je energie odpovídající například zemětřesení 7. stupně Richterovy stupnice.



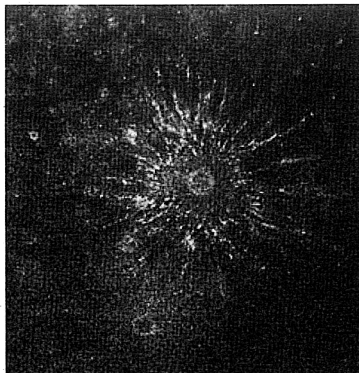
Plamen svíčky **ve stavu beztíže** vyfotografovali astronauti na palubě raketoplánu (viz obr.). Zatímco na Zemi má plamen všeobecně známý tvar nahoru se zužující, v nepřítomnosti vzestupných proudů hoří svíčka plamenem sférického tvaru. Další rozdíl je modrá barva plamene v podmínkách mikrogravitace (v současnosti pojem *mikrogravitace* nahrazuje pojem *stav beztíže*) a chybějící saze v plamenu.



plamen svíčky na Zemi a v podmínkách mikrogravitace

Merkur

Merkur je již několik desítek let stranou cílů kosmických sond. Proto zůstává spolu s nejbližšími planetami sluneční soustavy tělesem, které se dosud nepodařilo zmapovat. Poslední snímky získala sonda Mariner 10, která obléhala Merkur v sedmdesátých letech; bohužel se jí podařilo pozorovat jen jednu polokouli Merkuru. Od té doby získáváme informace o tváři Merkuru jen pomocí radiových pozorování z povrchu Země. Na přelomu června a července předloňského roku objevili astronomové na snímku z obřího 305m radioteleskopu Arecibo v Portoriku poblíž rovníku Merkuru **obrovský kráter** o průměru 85 km obklopený radiálními paprsky známými rovněž z okolí kráteru Tycho na Měsíci. Na rozdíl od paprsků rozbíhajících se od kráteru Tycho jsou paprsky na Merkuru mnohem jasnější a nepravidelnější. Stáří objeveného kráteru je tedy pravděpodobně mnohem menší než 100 milionů let.



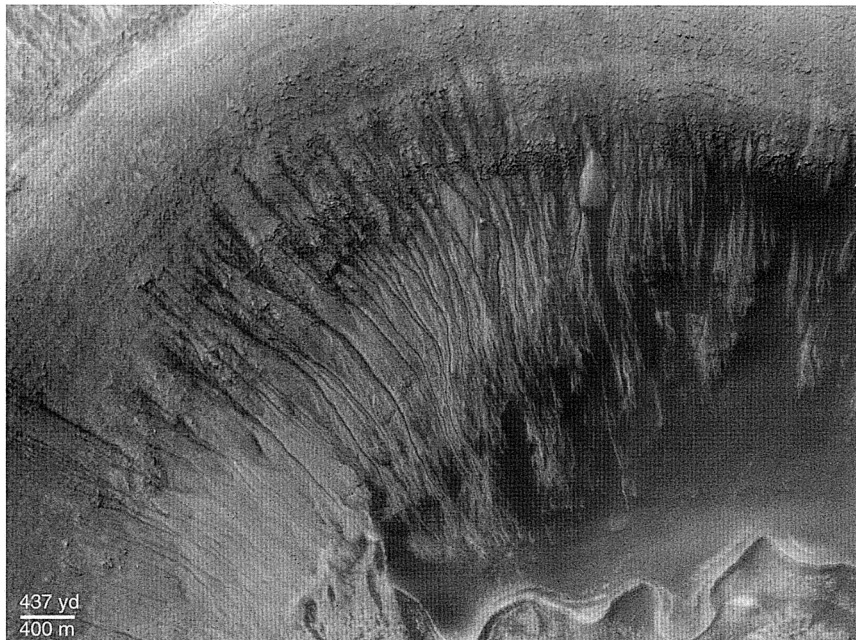
Mars

Výzkum Marsu pokračuje vysokým tempem. Kolem rudé planety stále obíhají sondy Mars Global Surveyor (MGS) a Mars Odyssey a zkoumají povrch Marsu z oběžné dráhy. Na základě dlouhodobého pozorování a měření výšky povrchových útvarů laserovým výškoměrem MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) na palubě MGS byla jednak pořízena mapa Marsu s dosud největším rozlišením (je dostupná například na webové adrese http://astro.pef.zcu.cz/slunecni_soustava/mars/podrobnesnimky.html), jednak se vědcům podařilo zmapovat změny polárních čepiček v průběhu střídání ročních období. Překvapivým bylo zjištění, že **jižní polární čepička** se v průběhu polárního léta zmenšila na čtvrtinu až polovinu povrchu o 1–3 m, což je ztráta, která se v průběhu polární zimy nestačí zacetit. Kdyby se úbytek opakoval ve stejném rozsahu při každém létě, zmizela by polární čepička po několika stovkách až tisících let úplně. Z rychlosti úbytku ledu dále vyplývá, že je čepička tvořena z větší části suchým ledem, protože led (vodní) nesublimuje tak rychlým tempem.

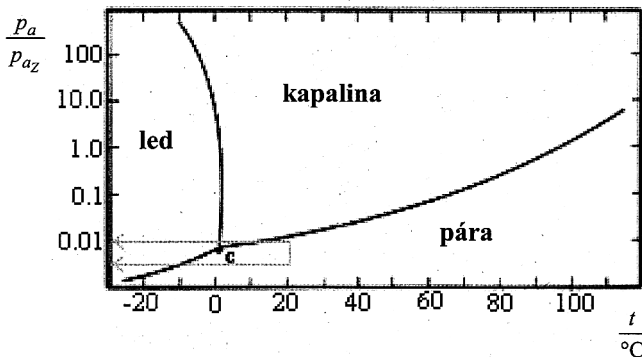
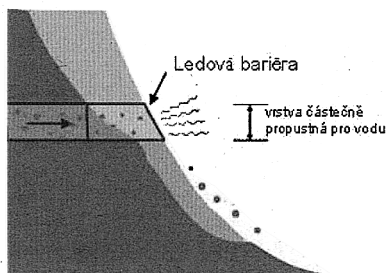
Zároveň se změnami velikosti a tloušťky polárních čepiček dochází také ke **změnám výšky povrchu Marsu v okolí čepiček**, jak se zde usazuje a sublimuje uvolněný oxid uhličitý. Průměrná změna výšky povrchu mezi létem a zimou je 1,5–2 m; průměrná hustota usazeného CO₂ je přibližně 900 kg · m⁻³. Z těchto výsledků vyplývá, že se oxid uhličitý patrně neusazuje jako sníh, ale spíše tvoří kompaktní vrstvu suchého ledu.

Velké množství CO₂ v polární čepičce potvrzuje hypotézu formulovanou již v roce 1966, podle níž je oxid uhličitý v čepičkách regulátorem **atmosférického tlaku** na Marsu. V průběhu marsovského roku dochází proto k velkým atmosférickým změnám. Při pokračujícím úbytku čepiček by atmosféra Marsu stále rychleji houstla. Nepatrná změna teploty by tak mohla vést k výrazným klimatickým změnám.

Otom, že na Marsu proudila v dávné minulosti voda, astronomové již delší dobu nepochybují. Na základě snímků ze sondy Mars Global Surveyor (MGS) se však vědci začali velmi vážně zabývat myšlenkou, že **tekoucí voda** může být na povrchu Marsu nalezena i v současné době. Podnětem pro tyto úvahy byly četné snímky velice mladých koryt, které musely být vyhloubeny tekoucí vodou, a to na písčinych dunách, ve stěnách kráterů, ale i v bezprašném terénu. Příkladem je svah kráteru Newton (viz obr. na následující straně).



S teorií, podle níž jsou tato čerstvá koryta vyrytá v povrchu Marsu důsledkem tekoucí vody na Marsu, přišel dr. Ken Edgett z NASA. Jeho myšlenka je znázorněna na schématu vpravo. Voda v kapalném stavu se nachází na Marsu v hloubce zhruba 100–400 metrů pod povrchem. V místech, kde nepropustná vrstva vyvěrá ve svahu, se dostává na povrch a stéká po svahu dolů a vymílá pozorované koryto (odhady objemu vody proudících v jednom okamžiku v korytu jsou odhadovány na 2500 m^3). Protože na Marsu je atmosférický tlak



přibližně 100krát nižší než na Zemi a tedy blízký trojnému bodu vody C (610 Pa , $0,01^\circ\text{C}$) – viz stavový diagram pro vodu, může kapalná voda existovat jen ve dne a v případě vyššího atmosférického tlaku. Za těchto podmínek je teplota varu vody velmi nízká.

ká – asi 10 °C, a tak se voda rychle mění v páru. Koryta proto po několika kilometrech končí a přecházejí v kamenná pole.

Sonda Mars Odyssey zmapovala umístění **ledu pod povrchem Marsu**. Ukázalo se, že nejvíce ledu je v okolí pólů (zhruba od 50. rovnoběžek). Horniny promíchané s ledem (objemový podíl ledu je nejméně 50 %) jsou překryty relativně tenkou slupkou prachu a kamení, a to asi 30 cm silnou kolem 75. rovnoběžky, zhruba 60 cm silnou kolem 60. rovnoběžky a 1 m silnou kolem 40. rovnoběžky. Vědci však zatím nemohou říci, do jaké hloubky sahá led pod povrchem. Existence ledu je totiž určována pomocí rentgenového spektrometru, který zachycuje z povrchu Marsu rentgenové záření a neutrony, přičemž je schopen rozlišit jejich rychlost. Kosmické záření dopadající na Mars ovlivňuje materiál zhruba do hloubky jednoho metru. Při interakci částic kosmického záření s atomy jsou emitovány rychlé neutrony; některé z nich odlétají do kosmického prostředí, jiné excitují atomy, například atomy vodíku a způsobují emisi gama záření s danou frekvencí. Protože nejpravděpodobnějším místem výskytu atomů vodíku jsou molekuly vody, vypovídá detekce rentgenového spektrometru o existenci vody na povrchu planety.

V červnu letošního roku se otevřelo zhruba po dvou letech další okno vhodné pro vyslání **sond na Mars** (podrobněji o trasách sond viz [4]) a bylo skutečně intenzivně využito. V současné době je proto na cestě k rudé planetě hned čtveřice sond. Jako první na cestu vyrazila první evropská sonda k Marsu s názvem **Mars Express**, jejímž hlavním cílem je pátrání po vodě a známkách života. K tomu bude sloužit i přistávací 30kg modul Beagle 2, vyvinutý britskými astronomy, který přistane 25. prosince 2003 v oblasti Isidis Platinia Basin severně od rovníku. Sonda by se měla stát na dva roky umělou družicí Marsu. V prosinci na Mars dorazí i první japonská sonda **Nozomi** (Naděje), která má ale zpoždění 4 roky. Sonda odstartovala začátkem července 1998 a měla dorazit k Marsu již v roce 1999. Porucha prodloužila její dráhu o dva oblety Země, přičemž druhý se uskutečnil 19. června letošního roku. Konečně poslední dvě sondy vyslala na Mars NASA. Jedná se o dvě automatická vozítka (rovery) s názvy **Spirit** (Duch) a **Opportunity** (Šance), která dorazí k Marsu začátkem příštího roku a po přistání budou samostatně zkoumat okolí místa přistání podobně jako vozítko Sojourner v roce 1997. Na rozdíl od svého předchůdce jsou nově vyslaná vozítka větší (každé váží 150 kg) a za den urazí podstatně větší vzdálenost – až 40 metrů (vozítko Sojourner urazilo za celý pobyt vzdálenost zhruba 100 metrů).

Zároveň již astronomové připravují **další mise**: v roce 2005 by měla startovat sonda Mars Reconnaissance Orbiter s veškerou kvalitní kamerou schopnou k Zemi zasílat snímky s rozlišením několika desítek centimetrů; v dalším okně v roce 2007 poletí k Marsu sonda Scout Mission, jejímž úkolem bude testování balonů a ultralehkých letadel v atmosféře planety; v roce 2009 bude startovat sonda s vozítkem, schopným pohybu po povrchu Marsu na velké vzdálenosti a konečně pro roky 2014 a 2016 jsou plánovány sondy, které by měly přivést na Zemi vzorky hornin z Marsu.

Měsíce (obřích) planet

O pět došlo ke značným posunům v **počtech měsíců obřích planet**. Na čele žebříčku se usadil dosti pevně Jupiter s 61 měsíci; Saturn má v současné chvíli (stav k počátku listopadu 2003) 31 známých měsíců, Uran 27 a Neptun 13. Všechny nově objevené měsíce mají velikost několika kilometrů a mnohé obíhají opačným směrem, než jakým rotuje mateřská planeta (tzv. retrográdní oběh). Pracovní skupina pro jména v planetární soustavě (Working Group for Planetary System Nomenclature) Mezinárodní astronomické unie (International Astronomical Union) je doslova zahlcena a jména měsíců jsou ohlašována s několikaletým odstupem. 11 měsíců Jupitera objevených v letech 1999 a 2000 bylo pojmenováno koncem listopadu 2002 podle milenek Jupitera či podle jejich dětí a vnuků. Na konci

července 2003 pak byly pojmenovány měsíce Saturnu objevené v roce 2000 (podle norských, finských a galských titánů) a měsíce Jupiteru a Uranu objevené o rok později. Veškerá jména měsíců obřích planet jsou nyní následující (měsíce jsou řazeny podle rostoucí vzdálenosti od planety, nově pojmenované měsíce jsou vyznačeny tučně, v závorce je „poloměr“ měsíce v kilometrech):

Jupiterovy měsíce jsou Metis (43), Adrastea (16), Amalthea (167), Thebe (99), Io (3 643), Europa (3 122), Ganymédes (5 262), Callisto (4 821), **Themisto** (8), Leda (20), Himalia (170), Lysithea (36), Elara (86), **Euporie** (4), **Iocaste** (5), **Praxidike** (7), **Euanthe** (6), **Har-palyke** (4), **Orthosie** (4), **Hermippe** (8), Ananke (28), **Thyone** (8), **Pasithee** (4), **Isonoe** (4), **Kale** (4), **Erinome** (3), **Eurydome** (6), **Taygete** (5), **Chaldene** (4), Carme (46), **Aitne** (6), Pasiphae (60), **Kalyke** (5), **Sponde** (4), **Magaclite** (5), Sinope (38), **Callirhoe** (9), **Autonoe** (8) (nově objevené měsíce obíhající ve směru rotace planety mají jméno s koncovkou -a, retrográdně obíhající měsíce mají jméno končící -e).

Měsíce Saturnu nesou následující jména: Pan (20), Atlas (32), Prometheus (100), Pandora (84), Janus (178), Epimetheus (119), Mimas (397), Enceladus (499), Tethys (1 060), Telesto (24), Calypso (19), Dione (1 118), Helene (32), Rhea (1 528), Titan (5 150), Hyperion (283), Iapetus (1 436), **Kiviuq** (14), **Ijiraq** (10), Phoebe (220), **Paaliaq** (19), **Skadi** (6), **Albiorix** (26), **Erriapo** (9), **Siarnaq** (32), **Tarvos** (13), **Mundilfari** (6), **Suttung** (6), **Thrym** (6), **Ymir** (16).

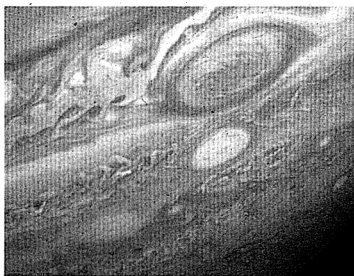
Názvy Uranových měsíců (odvozené na rozdíl od mytologických názvů měsíců ostatních planet ze Shakespearových a Popeových děl) jsou Kordélie (40), Ofélie (23), Bianca (51), Cressida (80), Desdemona (64), Julie (94), Portia (135), Rosalinda (72), Belinda (81), Puck (162), Miranda (472), Ariel (1 158), Umbriel (1 169), Titania (1 578), Oberon (1 523), Caliban (89), Stephano (20), **Trinculo** (10), Sycorax (190), Prospero (30), Setebos (30).

Pojmenované Uranovy měsíce jsou Naiada (58), Thalassa (80), Despina (148), Galatea (158), Larissa (192), Proteus (416), Triton (2 707), Nereida (340).

Pro úplnost Země má Měsíc (3 475), Mars dva měsíce Phobos (22) a Deimos (12) a Pluto měsíc Charon (1 186).

Jupiter

Velká rudá skvrna v atmosféře Jupitera se zmenšuje. Tvrdí to Amy Simon-Millerová, která porovnávala historické záznamy s pozorováním sond Voyager, Galileo a Cassini. Zjistila tak, že v roce 1880 byl „podélný“ rozměr **Velké rudé skvrny** (ve směru rotace Jupitera) zhruba 40 000 km (více než tři průměry Země), zatímco při návštěvě sond Voyager v roce 1979 již jen 25 000 km a v současné době méně než 20 000 km. „Příčný“ rozměr po celou dobu zůstává nezměněn: 12 000 km. Bude-li tempo úbytku podélného rozměru stálé, dočkáme se v roce 2040 kruhového tvaru skvrny. Astronomům ovšem přibyl problém, protože příčina zakulacování Velké rudé skvrny, stejně jako příčina změn její jasnosti a barev není známa. První hypotézy přičítají změny skvrny konvekčnímu proudění doprovázejícímu bouřkovou činností v nitru atmosféry planety.



Sonda Galileo pomalu končí svůj téměř osmiletý pobyt v blízkosti Jupiteru, při němž sledovala Jupiterovu atmosféru, několikrát prolétla velmi těsně kolem čtyř největších měsíců a přinesla obrovské množství snímků a dalších dat. Koncem roku se zblízka podívala také na menší měsíc **Amalthea**. Amalthea má na rozdíl od čtyř galileovských měsíců ne-

pravidelný tvar; nejdelší osa měsíce měří 270 km, příčné osy jsou přibližně poloviční. Sonda prolétla jen 160 km daleko a z gravitačního působení měsíce na sondu byla vypočtena hmotnost měsíce a následně i hustota odpovídající hustotě ledu v pozemských podmínkách. Právě takto nízká hustota byla nečekaně nízká, protože dosavadní teorie vzniku měsíců Jupiteru předpokládaly (ve shodě s klesající hustotou galileovských měsíců Io–Europa–Ganymédes–Callisto), že nejhustější jsou měsíce obíhající nejbližší Jupiteru. Amalthea je podle zjištěných údajů zřejmě jen jakousi hromadou troskek po měsíci, který byl rozbit srážkami s dopadajícími tělesy v epoše vzniku měsíců. Protože nepatří mezi dostatečně velká tělesa, při opětném gravitačním slepování nedošlo k roztavení tělesa a jeho vytvarování do přibližně kulového tvaru. I když měsíc může v nitru skrývat velké mezery, je hustota pevných součástí Amalthey nižší než hustota materiálu Io.

V loňském roce byla zpřesněna **tloušťka ledového příkrovu na měsících Europa a Ganymédes**, pod níž předpokládají astronomové kapalný oceán. Z analýzy hloubek kráterů vyplynula pro Europu tloušťka ledu 19 km a pro Ganymédes dokonce 80 km. Jen pro úplnost doplňuji, že rovněž Callisto má zřejmě podpovrchový oceán; tloušťka ledové izolující vrstvy však nebyla zveřejněna.

Měsíc Io vzbudil pozornost z naprosto jiného důvodu: při posledním průletu sondy Galileo v loňském roce bylo pozorováno 13 nových sopek a zjištěn dosud nejvyšší výron hmoty (500 km nad povrch měsíce), při němž bylo okolí sopky obklopeno přechodně „atmosférou“ a část této hmoty spadla zpět na povrch ve formě „sněhu“. Navíc snímky s vysokým rozlišením ukázaly četné případy kolabujících a potápějících se útvarů připomínajících „útesy“, což by mohlo být důkazem **tektonické činnosti na Io**, ovšem tektonické činnosti vertikální, nikoliv horizontální, jak ji známe na Zemi.

Saturn

Sblížícím se termínem přiletu evropské sondy **Cassini** k Saturnu (začátek července 2004) se astronomové stále více zajímají o jeden z hlavních cílů mise – největší měsíc Saturnu – **Titan**. Na něm má o půl roku později přistát pouzdro **Huygens** (pojmenované podle objevitele měsíce) a zahájit tak přímý průzkum tohoto pozoruhodného měsíce. V loňském roce byly zveřejněny výsledky radiového pozorování Titanu portorickým 305m teleskopem Arecibo. Vysílané pulsy radiového záření měly při návratu k Zemi nečekaně velkou intenzitu, což znamená, že se na Titanu musejí nacházet velké rovné plochy (s vertikálními nerovnostmi menšími než 1 metr) – obří jezera či oceány o průměrech 100–400 km. Kupodivu však poloha odrazových ploch nesouhlasí s obrovskými světlými a tmavými plochami na povrchu, které byly již dříve pozorovány Hubblovým teleskopem v infračervené oblasti [1].

Tým vedený Caitlin Griffithovou pozoroval Titan v infračerveném oboru pomocí dalekohledů UKIRT (United Kingdom Infrared Telescope) a IRTF (Infrared Telescope Facility) na osmi vlnových délkách mezi 0,8 a 5,1 μm , které pronikají hustou atmosférou. Jejich pozorování prokázalo existenci ledu H_2O na povrchu Titanu. Kombinace husté atmosféry tvořené dusíkem a metanem s ledovým povrchem měsíce nabízí zajímavé spekulace týkající se možnosti zárodků života na Titanu. Máme se tedy skutečně na co těšit.

Literatura:

- [1] Randa M.: *Astronomické novinky* 15. Školská fyzika VI, č. 3 (2000), 41.
- [2] Randa M.: *Neutrinová astronomie*. Školská fyzika VIII, č. 1 (2003), 3.
- [3] <<http://www.npl.washington.edu/eotwash/gconst.html>> *The Controversy over Newton's Gravitational Constant* (anglicky).
- [4] Štefl V.: *Jak se kosmické sondy dostávají k Marsu?* Školská fyzika VII, č. 1 (2001), 12.