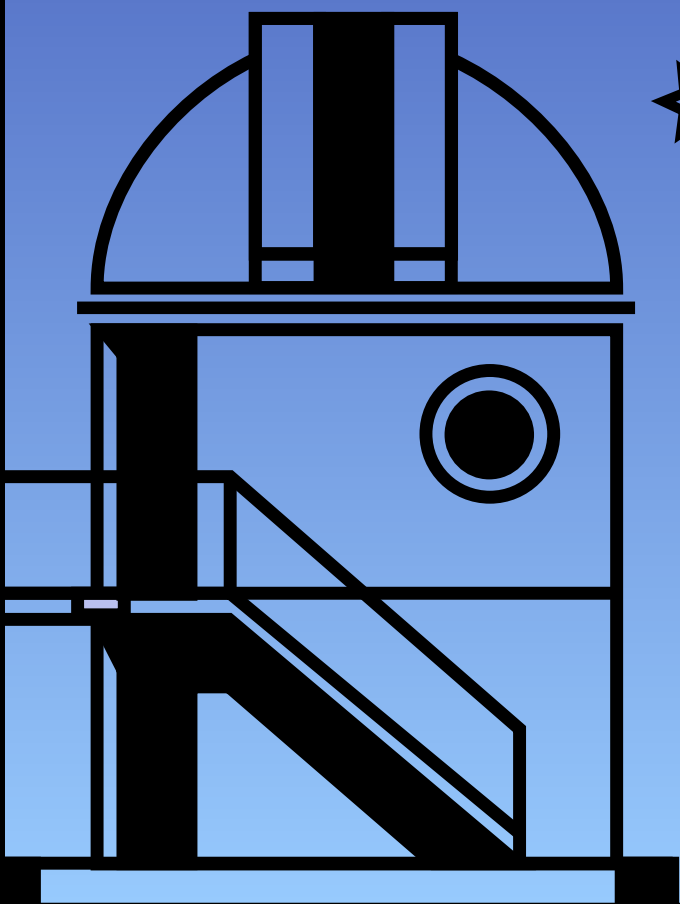


DNY ASTRONOMIE 2007

SYLABY

HVĚZDÁRNA
VSETÍN



Dny Astronomie 2007

SYLABY

Vydala *Hvězdárna Vsetín* v roce 2007

Obsah:

<u>Komety a jiné úkazy roku 2007</u>	4
<u>Exoplanety</u>	6
<u>Mlhoviny – kolébky i hrobky hvězd</u>	11
<u>Novinky ze sluneční soustavy</u>	13
<u>Vesmírné teleskopy</u>	17
<u>Komety posledních 30 let</u>	22
<u>Několik obrázků na závěr</u>	26

Komety a jiné úkazy roku 2007

Jiří SRBA

Přestože za sebou nemáme ani polovinu roku 2007, již nyní je za čím se ohlížet. Proběhla celá řada zajímavých astronomických úkazů, některé jste mohli vidět na vlastní oči, jiné ne. Další, neméně zajímavé, nás všechny čekají ve zbývající části roku 2007.

Kometa *C/2006 P1 (McNaught)* se naprosto nečekaně stala nejjasnější vlasaticí pozorovatelnou na obloze za posledních 40 let. To však není jediné prvenství této nádherné komety. Těleso kometárního charakteru s označením 2007 P1 objevil 7. srpna roku 2006 australský pozorovatel profesionál Robert H. McNaught pomocí dalekohledu o průměru 0,5 m, který je jinak určen k vyhledávání blízkozemních asteroidů v rámci projektu *Siding Spring Sky Survey*. Po stanovení přesnějších orbitálních elementů bylo jasné, že dráha komety je velice zajímavá, ale pro pozorování ze severní polokoule Země dost nepříznivá. Kometa se totiž pohybuje po hyperbolické dráze se sklonem 77° k rovině ekliptiky a to takovým způsobem, že v okamžiku průchodu přísluním ve vzdálenosti pouhých 0,17 AU od Slunce se bude nacházet poblíž spojnice Slunce-Země a tedy na obloze jen několik stupňů od Slunce. Po dlouhých diskusích o konečné předpovědi jasnosti tohoto tělesa, které probíhaly v říjnu a listopadu, byla kometa v blízkosti Slunce dlouho nepozorovatelná a poprvé ji bylo možné spatřit nízko nad západním obzorem teprve koncem prosince 2006, kdy už dosahovala jasnosti kolem +4 mag. V té době se však odehrávalo nejprudší zjasňování. Začátkem ledna 2007 začala z celého světa docházet pozorování o její velmi vysoké jasnosti – některé dokonce obsahovaly srovnání s planetou Venuší (-4 mag na pozemské obloze, a to už je objekt pozorovatelný na čisté obloze i během dne). Ze Vsetína byly díky nepříznivému počasí pouze dvě možnosti, jak kometu spatřit a to 10. a 15. ledna 2007. Dne 10. ledna byla kometa pozorována E. Březinou a P. Svozilem již kolem poledne a pak krátce po západu Slunce, kdy měla patrný několikastupňový ohon. Další možnost k jejímu sledování nastala 15. ledna během dne, kdy bylo na vsetínské hvězdárně provedeno poměrně unikátní měření jasnosti komety, které bylo publikováno v cirkuláři 8797 *IAUC* (autoři E. Březina, K. Hornoch a J. Srba). V té době byla vlasatice pozorovatelná také kosmickými přístroji – slunečními observatořemi *SOHO* a *STEREO*. Druhá jmenovaná odhalila v ohonu komety velmi výrazné struktury, které souvisí s periodicitou rotace kometárního jádra a s velikostí prachových zrn uvolňovaných z jeho povrchu. Kolem 15. ledna kometa dosáhla nejvyšší jasnosti mezi -5 a -6 mag a byla tak až 6x jasnější než planeta Venuše. V tomto směru jí v dohledné minulosti předčila jen kometa *C/1965 S1 (Ikeya-Seki)*, která podle některých odhadů dosáhla až -10 mag. Kolem 17. ledna kometa *C/2006 P1* zmizela z dohledu pozorovatelů severní polokoule, ale ještě několik dní byly po západu Slunce nad obzorem pozorovatelné jemné struktury vzdálených částí jejího ohonu, který byl tak grandiózní při pohledu z jižněji položených oblastí [1].

Druhým velmi zajímavým úkazem letošního roku, který se odehrál druhého března nad ránem byl zákryt planety Saturn Měsícem. Přestože na Vsetíně bylo chvílemi i polojasno, úkaz ze Vsetína pozorován nebyl. Větší štěstí a více osobní vůle měli naši kolegové z Valašského Meziříčí, kteří za podobného počasí úkaz pozorovali a zaznamenali. Nic však není ztraceno. Druhý úkaz tohoto typu nastane 22. května ve 20h 27minut SELČ a potrvá přes hodinu. V okamžiku počátku úkazu bude Slunce 8° pod obzorem a Saturn společně s Měsícem se budou nacházet 40° nad obzorem v souhvězdí Lva. Stáří Měsíce v té době bud 6 dní a Měsíc tak nebude pozorování rušit.

Dalším úkazem, který bylo teoreticky možné z území ČR letos pozorovat, bylo úplné zatmění Měsíce v noci ze 3. na 4. března. Přes poměrně dlouhé trvání úkazu (přes 3,5 hodiny) nám počasí nepřálo a Měsíc při tomto zatmění ze Vsetína pozorován nebyl. Další příležitost budeme mít až na jaře příštího roku.

Vraťme se však ke kometám. V letošním roce nás čekal (a čeká) návrat tří velmi zajímavých periodických komet. První z nich byla *2P/Encke* – pravidelně pozorovaná kometa s nejkratší periodou 3,3 roku, která byla během letošního návratu ze severní polokoule pozorovatelná jen obtížně, a to v době kdy teprve zjasňovala. Větší naděje jsme vkládali do vlasatice *96P/Machholz*, která se ke Slunci vrátila opět po 5,24 letech a je výjimečná svou malou vzdáleností přísluní jen 0,12 AU. Přes poměrně výhodné podmínky se kometu vizuálně pozorovat nepodařilo. Dne 25. dubna však byla úspěšně sledována pomocí CCD kamery a teleskopu *Newton BlackPearl*, který na hvězdárně slouží jako hlavní přístroj projektu CCD fotometrie komet. Poslední letošní krátkoperiodickou kometou, která snad dosáhne poměrně vysoké jasnosti, je *8P/Tuttle*, která se do centra sluneční soustavy vrací po 13,6 letech a přísluním projde až v lednu 2008. Měla by však být pozorovatelná jako „vánoční kometa“ již v prosinci roku letošního. Mohla by dosáhnout jasnosti, kdy bude pozorovatelná pouhým okem.

Během letošního roku se uskuteční několik velmi zajímavých setkání dvou a více těles. Naneštěstí ten nejhezčí úkaz máme již opět za sebou. Ve dnech 19. a 20. dubna bylo možné nad západním obzorem pozorovat hned 4 zajímavé objekty. Měsíc a Venuše doplnily jasná otevřená hvězdokupa Plejády a nejjasnější hvězda souhvězdí Býka Aldebaran.

Poslední kometou, kterou v tomto přehledu zmíníme bude zimní překvapení *C/2007 E2 (Lovejoy)*, kterou 15. března našel Australan Terry Lovejoy z Thornlands ve státě Queensland. Kometa sice neoplývá žádnou extra vysokou jasností, ale je zajímavá hned v několika ohledech. Jedná se po dlouhé době o další amatérský objev komety a o první objev, který byl uskutečněn pomocí digitálního fotoaparátu – zrcadlovky Canon. Zároveň tak byl zaznamenán první případ v historii, kdy ve hlášení objevu byla uvedena barva objektu – právě díky barevnému zobrazení digitálním fotoaparátem (ostatní astronomické přístroje většinou pracují pouze ve stupnici šedi). Kometa je v současnosti ke spatření ze severní polokoule, ale již slábne a koncem května patrně zmizí z dosahu malých dalekohledů.

Dalším zajímavým úkazem typu zákryt-zatmění, který se v letošním roce odehraje, bude denní zákryt planety Venuše Měsícem. Úkaz nastane 18. června v 15:29 SELČ a dojde k němu 59° nad obzorem ve vzdálenosti 45° od Slunce, kterému v tom okamžiku bude do západu zbývat plných 41°. Stáří měsíce bude jen 4 dny. Venuše se za těleso našeho souputníka schová na 1 hodinu a 29 minut. Přestože se jedná o denní úkaz, bude dalekohledy za příznivého počasí možné jej pohodlně sledovat, neboť se jedná o poměrně jasná tělesa.

Dne 17. července velmi nízko nad západním obzorem se odehraje blízké setkání velmi mladého Měsíce (jen o málo starší než 2 dny), Venuše a Saturnu s nejjasnější hvězdou souhvězdí Lva – Regulem. Pozorování tohoto úkazu bude velmi obtížné a vyžaduje dobrý výhled nad západní obzor nejlépe z vyvýšeného místa.

Posledním planetovým zákrytem letošního roku bude zákryt Marsu Měsícem 24. prosince ráno, mezi 4h 48minut a 5h 15 minut . Úkaz bude pozorovatelný poměrně obtížně, nakolik je Měsíc tou dobou poblíž úplňku.

Zdroje:

- [1] Ohlédnutí za P1 (McNaught); Dostupné z: <http://www.hvezdarna-vsetin.inext.cz/view.php?cisloclanku=2007020005>
 [2] Kolektiv autorů; *Astronomická ročenka 2007*.
 [3] Guide 8.0 – Planetarium Software; *Project Pluto*; Dostupné z: <http://www.projectpluto.com/>

Exoplanety

Emil BŘEZINA

Motto:

*„Jen bychom rády věděly,“
vrch hlavy poulí zraky,
„jsou-li tam tvoři jako my,
jsou-li tam žáby taky!“*
(Jan Neruda, Písně kosmické)

1. CO JE TO EXOPLANETA?

Stejně, jako kolem našeho Slunce obíhají planety, mohla by taková tělesa obíhat i kolem jiných hvězd – tedy cizích sluncí. Abychom taková tělesa odlišili od planet v naší sluneční soustavě, nazýváme je exoplanety nebo extrasolární planety.

Víme, že naše sluneční soustava hostí celkem osm těles označovaných jako planety. Co nás ale vede k domněnce, že taková tělesa existují i jinde ve vesmíru?

2. MÁ SMYSL HLEDAT EXOPLANETY?

Slunce je pouze jednou z asi 150 miliard hvězd, které tvoří naši Galaxii – Mléčnou dráhu. Tato naše Galaxie má průměr kolem 100 000 sv. let, a jde o tzv. spirální galaxii, jež má tvar plochého disku, z jehož středu se odvíjejí spirální ramena. Slunce se nachází na okraji jednoho z těchto ramen, ve vzdálenosti asi 30 000 sv. let od středu disku. Mléčná dráha není ve vesmíru osamocená, naopak – galaxií nalézáme obrovské množství, z toho některé jsou menší, jiné zase větší než naše Galaxie. Jak je již zmíněno výše v textu – galaxie jsou tvořeny hvězdami – to znamená, že jich je ve vesmíru vpravdě nepředstavitelné množství.

Ve světle těchto skutečností se zdá nepravděpodobné, že by u žádné jiné hvězdy neexistovaly planety. Máme však k tomuto tvrzení nějaké důkazy? Zkusme je najít!

3. ZAČÁTEK

Prvním, co nás asi při pátrání po exoplanetách napadne, je otázka, jak vlastně vznikly planety v naší sluneční soustavě? Domníváme se, že Slunce vzniklo smrštěním části zárodečné prachoplynné mlhoviny. Prvotní impuls vedoucí ke smrštění části této mlhoviny mohl pocházet jak z vnějšku – např. rázová vlna blízké supernovy – tak i z vnitřku mračna – např. nerovnoměrné rozložení materiálu v mlhovině. Ať jakkoliv – hustší oblast mlhoviny má samozřejmě i silnější gravitaci, což působí jednak další smršťování této části, a jednak také přitahuje nový materiál z okolí.

Nastává něco, co bychom mohli nazvat určitým druhem gravitačního kolapsu, přičemž se materiál uprostřed díky stlačení značně zahřívá. Je-li hmotnost zárodečného oblaku dostatečná, pak se materiál stlačením zahřeje natolik, že se spustí přeměna vodíku (který se v mlhovinách nachází převážně) na hélium, tedy zažehnutí termonukleárních reakcí. Dojde tak ke vzniku nové hvězdy. Celý proces je ovšem značně složitější, nicméně na podrobnější výklad zde nemáme prostor.

Nově vzniklou hvězdu obklopuje oblak materiálu – zbytek po její tvorbě. Tento zbytek bude mít díky své rotaci podobu plochého disku. Za vhodných podmínek se z tohoto materiálu mohou

postupně zformovat zárodky planet – tzv. protoplanety. Z tohoto důvodu nazýváme tento zárodečný materiál obklopující mladou hvězdu protoplanetárním diskem.

Jak víme, v naší soustavě se zformovalo osm planet. Pokud je teorie o vzniku hvězd a planet správná, měly by planety u jiných hvězd vznikat celkem běžně. Procesy, které je formují, jsou totiž v podstatě stejné, jako ty, které vedly ke vzniku naší hvězdy – Slunce.

Můžeme se tedy ve vesmíru poohlédnout po objektech, které odpovídají naší představě protoplanetárních disků.

4. HLEDÁNÍ PROTOPLANETÁRNÍCH DISKŮ

Kde hledat protoplanetární disky? Nejlépe tam, kde vznikají nové hvězdy, tedy v mlhovinách (přesněji – v některých typech mlhovin).

Pokud například podrobně propátráme známou difúzní mlhovinu *M42* (nachází se v souhvězdí Orion), skutečně nalezneme řadu objektů, které po zevrubnějším prozkoumání splňují podmínky pro to, abychom je mohli označit jako protoplanetární disky.

Nacházíme je samozřejmě rovněž v jiných mlhovinách, a také kolem některých mladých hvězd, jen namátkou *AU Microscopii*, *Fomalhaut*, *Beta Pictoris*...

Víme tedy, že protoplanetární disky opravdu existují a zdá se, že tvorba planet je ve vesmíru opravdu běžným procesem. Přesto by důkaz, že se planety z těchto protoplanetárních disků opravdu zformují, nebyl k zahazení. Protože vytvoření planet trvá miliony let, nemůžeme dost dobře vyčkávat, až se zformují – musíme se spíše pokusit nalézt již „hotové“ planety u starších hvězd.

5. HLEDÁNÍ EXOPLANET

Protože, až na výjimky, nelze očekávat, že se nám podaří nalézt exoplanety přímým pozorováním (drtivou většinu totiž spolehlivě přesvítí světlo jejich mateřské hvězdy), musíme se (zatím, viz dále) spolehnout na některé nepřímé metody.

Z těchto nepřímých metod se uvádějí tyto:

- 1) změny v časové periodě pulsarů
- 2) dopplerovská spektroskopie
- 3) astrometrie
- 4) přechodová fotometrie
- 5) gravitační (mikro)čočkování

5.1. Změny v časové periodě pulsarů

Planety obíhají kolem pulsaru, mrtvé, neutronové hvězdy. Jak již název napovídá, vydává pulzar pravidelné záblesky na všech možných vlnových délkách. Doba mezi pulzy bývá krátká (např. známý pulzar v *M1* – Krabí mlhovině – má periodu 33 ms) a přísně konstantní. Pokud u pulsaru existují planety, může jejich oběh kolem něj způsobit měřitelné rozkolísání jeho časové periody.

5.2. Dopplerovská spektroskopie

Uvažujme soustavu – hvězda – masivní planeta. Tato dvě tělesa budou přirozeně obíhat kolem společného těžiště. Předpokládejme dále, že je tato soustava orientována tak, že se periodický pohyb hvězdy kolem těžiště soustavy bude dít od nás a k nám. V takovém případě zjistíme u spektrálních čar periodický pohyb k červenému (hvězda se pohybuje od nás) resp. modrému konci spektra (hvězda se pohybuje k nám). Pokud tedy u některé hvězdy nalezneme periodický červený/modrý posuv, můžeme to pokládat za důkaz,

že kolem ní obíhá nějaký hmotný průvodce. Budeme také schopni určit periodu jeho oběhu a odhadnout jeho hmotnost.

5.3. Astrometrie

Situace je podobná jako v předchozím případě. Je zde soustava hvězda – masivní planeta, které obíhají kolem společného těžiště. Tentokrát se snažíme periodický pohyb hvězdy, prozrazující planetu, jež kolem ní obíhá, nalézt pomocí přesných (astrometrických) měření poloh hvězdy.

5.4. Přechodová fotometrie

Soustava hvězda – planeta je orientována tak, že dochází k periodickému přecházení planety přes mateřskou hvězdu. Planeta odstíní malou část jejího světla a vyvolá nepatrnou, avšak měřitelnou, periodickou změnu jasnosti hvězdy.

5.5. Gravitační (mikro)čočkování

Gravitace velmi hmotných těles působí malý ohyb světla, podobný, jaký vyvolává čočka, tento jev nazýváme gravitační čočkou. Masivní planetu tak může prozradit přechodné zjasnění hvězd, na jejichž pozadí se promítá.

6. VÝSLEDKY POZOROVÁNÍ NEPŘÍMÝMI METODAMI

Pomocí nepřímých metod bylo doposud objeveno 228 exoplanet. Z toho připadá na jednotlivé metody:

změna periody pulsarů:	4
dopplerovská spektrografie:	201
přechodová fotometrie:	19
gravitační mikročočkování:	4

7. EXPLANETY OBJEVENÉ PŘÍMÝM POZOROVÁNÍM

Jak již bylo zmíněno výše, takový objev se za současného stavu techniky podaří jen za výjimečných podmínek. Proto byly touto metodou objeveny jen čtyři exoplanety.

8. CELKEM TEDY...

Celkem tedy známe 232 exoplanet (údaj platí k 6. květnu 2007). Jejich počet však rychle vzrůstá – vynikající pomůckou pro sledování aktuálního dění kolem exoplanet je například jejich internetová encyklopedie <http://exoplanet.eu/>.

9. NĚKTERÉ PROBLÉMY PROVÁZEJÍCÍ HLEDÁNÍ EXOPLANET

Jedním z velkých problémů, bránících přímému pozorování exoplanet, je nežádoucí odraz a rozptyl světla v optice dalekohledu. To se mimo jiné projevuje vznikem nejrůznějších artefaktů kolem jasných hvězd, které světlo exoplanety, jež je velmi slabé, překryjí.

Dalším slabým místem jsou výběrové efekty, protože většinou nejsnadněji objevujeme velmi hmotné exoplanety, nacházející se nedaleko svých mateřských hvězd a mající krátké doby oběhu.

10. EXOPLANETY

Jedny z prvních exoplanet, které byly objeveny, se paradoxně stala tělesa tvořící vícenásobný planetární systém u pulsaru *PSR B1257+12* [1]. Když se je v roce 1992 podařilo objevit, bylo to tehdy pro astronomy velké překvapení, protože se u tohoto typu objektů výskyt planet neočekával. Pulsary vznikají při výbuších supernov, což nejsou zrovna mírumilovné procesy. Proto nikdo nečekal, že by planetární společníci hvězdy, jež explodovala jako supernova, mohli výbuch přežít. Předpokládá se proto, že se tyto exoplanety druhotně zformovaly až po výbuchu supernovy – jiný scénář však předpokládá, že by mohlo jít o skutečné zbytky původní planetární soustavy, tedy obnažená kamenná jádra původně obřích plyných planet (podobných našemu Jupiteru). *PSR B1257+12* je od Země vzdálen asi 980 sv. let a nalezneme jej v souhvězdí Panny.

10.1. Exoplanety u pulsaru PSR B1257+12

V této soustavě známe zatím tři exoplanety, jsou označeny jako *PSR B1257+12 A*, *PSR B1257+12 B* a *PSR B1257+12 C*. Planeta *PSR B1257+12 A* obíhá kolem pulsaru jednou za 25 dnů a má hmotnost přibližně dvakrát větší než náš Měsíc. *PSR B1257+12 B* má hmotnost odpovídající čtyřem planetám Zemím. Její oběžná doba činí 66 dnů. Konečně *PSR B1257+12 C* oběhne pulsar jednou za 96 dnů. Její hmotnost je přibližně stejná, jako v případě *PSR B1257+12 B*.

10.2. Exoplaneta u hnědého trpaslíka

Jde o první exoplanetu, kterou se podařilo nasnímat přímo [2]. Obíhá kolem tzv. hnědého trpaslíka, což je něco jako nepovedená hvězda – na planetu příliš veliký a horký, na hvězdu příliš lehký, takže v jeho nitru nemohou probíhat termionukleární reakce. Soustava se nachází asi 200 sv. let od Země a promítá se do souhvězdí Hydry.

10.3. Horká novinka – exoplaneta „podobná“ Zemi

Má hmotnost přibližně jako pět Zemí. Průměr planety je necelých 20 000 km. (Země má průměr 12 756 km.) Obíhá kolem hvězdy *Gliese 581*, což je tzv. červený trpaslík, který se nachází ve vzdálenosti zhruba 20 sv. let. Jeden oběh trvá planetě pouhých 13 dnů – je 14 krát blíže (11 mil. km) svému slunci než Země (150 mil. km) [3].

I když se nachází tak blízko své hvězdě, ta je natolik málo svítivá, že podle všeho na povrchu exoplanety panují takové teploty (dle odhadů 0 až 40 °C), že by zde mohla být voda v kapalném stavu.

V tomto systému jsou ještě další dvě známé planety. Jedna o hmotnosti Neptunu, druhá, existuje-li, by měla mít hmotnost asi 8 Zemí.

10.4. Exoplanety – shrnutí

Podle všeho, co dosud víme, se zdá, že vznik a existence planet u jiných hvězd je skutečně běžnou záležitostí. Nakolik běžnou záležitostí je vznik života se možná dozvíme v následujících desetiletích a snad i dříve.

Při hledání planet potenciálně nesoucích život bude zřejmě třeba se soustředit na planety obíhající na stabilních dráhách v takové vzdálenosti od svých hvězd, aby na jejich povrchu mohla existovat voda v kapalném stavu. Jednou z významných stop existence života by mohly být také atmosféry, obsahující významné stopy kyslíku či případně ozónu.

11. EXOPLANETY A BUDOUCNOST JEJICH VÝZKUMU

Jedním z plánovaných projektů, zaměřených na vyhledávání exoplanet, je americký *Terrestrial Planet Finder* [4]. Má jít o soustavu dalekohledů umístěných ve vesmíru (patrně to bude čtveřice spřažených 3,5 m teleskopů) a jak již název napovídá, půjde zde hlavně o hledání terestrických exoplanet – tj. planet podobných Zemi. S realizací se počítá v letech 2012 – 2015.

Dalším projektem, který by mohl významně rozšířit naše znalosti o exoplanetách, je například evropský *European Extremely Large Telescope* [5], což má být obří dalekohled o průměru zrcadla 40 m (zrcadlo bude segmentové). Projekt v hodnotě asi 800 milionů euro by měl být dokončen do roku 2017.

Zdroje:

[1] Star: PSR 1257+12. Dostupné z: <http://exoplanet.eu/star.php?st=PSR+1257%2B12>

[2] Yes, it is the Image of an Exoplanet: Dostupné z: <http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2005/pr-12-05.html>

[3] ...First Earth-like Planet... Dostupné z: <http://www.eso.org/outreach/press-rel/pr-2007/pr-22-07.html>

[4] Terrestrial Planet Finder. Dostupné z: <http://www.terrestrial-planet-finder.com/>

[5] European Extremely Large Telescope. Dostupné z: <http://www.eso.org/projects/e-elt/>

Mlhoviny – kolébky i hrobky hvězd

Pavel SVOZIL

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE

Mlhoviny jsou rozsáhlá mezihvězdná oblaka velmi řídkého plynu a prachu. Patří k viditelné části mezihvězdné hmoty.

Složeny jsou z plynu a prachových částic, které mají velikost 0,1 až 1 μm . Plynná složka mlhovin bývá tvořena elementárními částicemi, atomy, ionty a jednoduchými molekulami. Chemické složení mlhovin je velmi podobné chemickému složení hvězd. Nalezneme v nich zejména vodík a menší množství helia. Ostatní těžší prvky se v mlhovinách vyskytují v minimálním množství.

Prachoplynná mezihvězdná látka se nachází hlavně v blízkosti roviny naší Galaxie, ale i jiných galaxií (většinou spirálních, spirálních s příčkou a nepravidelných) – především ve spirálních ramenech a jejich okolí.

Velikosti mlhovin se liší podle jejich typů od méně než 1 světelného roku (planetární mlhoviny) až do několika desítek, stovek a dokonce i 1 tisíce světelných let (difuzní emisní mlhoviny).

2. ROZDĚLENÍ MLHOVIN

Mlhoviny se rozdělují podle základních vlastností (např. způsobu jejich osvětlení, zda v nich hvězdy vznikají a nebo doprovázejí některé ze závěrečných stadií života hvězd) na následující typy:

- a.) Difuzní reflexní mlhoviny
- b.) Difuzní emisní mlhoviny (HII oblasti)
- c.) Temné (absorpční) mlhoviny
- d.) Planetární mlhoviny
- e.) Zbytky po výbuchu supernov

2a. REFLEXNÍ MLHOVINY

Reflexní mlhoviny jsou viditelné zejména díky odrazu resp. rozptylu světla blízkých hvězd na drobných prachových částicích nacházejících se v mlhovinách.

Spektra reflexních mlhovin bývají shodná se spektry ozařujících hvězd. Barva mlhovin má často namodralý odstín, jelikož modrá barva (kratší vlnová délka) je více rozptylována než barva červená na opačném konci viditelného spektra.

Příkladem je komplex mlhovin u jasných hvězd ve známé otevřené hvězdokupě *M45* „*Plejády*“.

2b. EMISNÍ MLHOVINY

Difuzní emisní mlhoviny jsou mezihvězdná oblaka složená převážně z horkého ionizovaného plynu. Nacházejí se v blízkosti velmi žhavých hvězd, které jsou zdrojem intenzivního ultrafialového záření.

UV záření způsobuje ionizaci atomů (vznik iontů a volných elektronů) v mlhovině. Volné elektrony bývají ionty ale opět zachyceny (rekombinace atomů). Přitom dochází k uvolnění energie – také v podobě fotonů viditelného záření o určitých vlnových délkách (mlhoviny pak svítí a stávají

se viditelnými), což je důvodem, proč emisní mlhoviny září jen na některých vlnových délkách. Jejich spektrum bývá tvořeno jen několika emisními spektrálními čarami [1].

Nejobvyklejším typem emisních mlhovin jsou HII oblasti vznikající ionizací vodíku. A protože nejvýznamnější vlnová délka, na které vyzařuje vodík, se nalézá v červené oblasti spektra, mívají emisní mlhoviny na fotografiích velmi často právě červenou barvu.

Difuzní emisní mlhoviny patří k oblastem, ve kterých vznikají nové hvězdy. Asi nejvýznamnější „porodnicí“ resp. „kolébkou“ nových hvězd v blízkém vesmíru je komplex mlhovin v souhvězdí Orionu, z nichž jsou velmi dobře pozorovatelné mlhoviny *M42* („Velká“ mlhovina) a sousední *M43*. Dalšími známými difuzními emisními mlhovinami jsou např. *M8* „Laguna“ a *M20* „Trifid“ ve Střelci nebo *NGC 7000* „Severní Amerika“ v souhvězdí Labutě.

2c. TEMNÉ MLHOVINY

Temné mlhoviny jsou hustá oblaka mezihvězdné hmoty, která pohlcují světlo z hvězd, jež se ve vesmíru nacházejí za těmito mlhovinami, popř. zakrývají vzdálenější svítící mlhoviny. Světlo bývá temnými mlhovinami pohlceno téměř úplně a nebo jen zeslabeno o několik magnitud [2].

Temné mlhoviny nejsou osvětleny proto, že jsou příliš chladné a v jejich blízkosti se nenachází žádná jasná hvězda, která by osvětlení způsobila.

Nejznámějšími temnými mlhovinami jsou „*Koňská hlava*“ v Orionu a „*Uhelný pytel*“ v Jižním kříži.

2d. PLANETÁRNÍ MLHOVINY

Většina hvězd ve vesmíru včetně našeho Slunce skončí svůj hvězdný život ve stadiu bílého trpaslíka a postupně se od něj rozpínající planetární mlhoviny. Ty se vytvářejí z odvržených vnějších obálek hvězd ve fázi jejich „přeměny“ z červených obrů na bílé trpaslíky. Během několika desítek tisíc let se pak planetární mlhoviny rozplynou.

Planetární mlhoviny jsou vlastně mlhoviny emisní. Horký bílý trpaslík v centru každé mlhoviny totiž svým intenzivním zářením způsobuje ionizaci atomů – vodíku, ale i těžších prvků.

Nejznámějšími planetárními mlhovinami na naší obloze jsou *M27* „*Činka*“ v souhvězdí Lištičky a *M57* „*Prstencová*“ v Lyře.

2e. ZBYTKY PO VÝBUCHU SUPERNOV

Některé hvězdy s hmotností větší než 8 hmotností Slunce zaniknou gravitačním kolapsem – výbuchem supernovy – a skončí jako neutronová hvězda a mlhovinný zbytek po této explozi, který se postupně rozpíná, až se nakonec rozplyne v mezihvězdném prostoru.

Výbuchy supernov jsou zdrojem těžších prvků ve vesmíru. Mlhovinné zbytky se pak projevují podobně jako emisní mlhoviny (viz výše).

Příkladem zbytku po výbuchu supernovy je *M1* „*Krabí*“ mlhovina v souhvězdí Býka.

Zdroje:

[1] Lenža, L.: Astronomie pro každého

[2] Kleczek, J.: Velká encyklopedie vesmíru

Novinky ze sluneční soustavy

Jiří SRBA

Výzkum sluneční soustavy v současnosti probíhá především prostřednictvím meziplanetárních sond, které neustále přinášejí celou řadu nových poznatků. Tato přednáška nabídne krátký přehled událostí posledních několika měsíců. Řeč bude například o planetách Mars, Jupiter, Saturn i dalších tělesech sluneční soustavy a sondách, které je v současnosti zkoumají.

Začneme však u našeho Slunce, které je od ledna letošního roku pod dohledem nové dvojice sond nesoucích označení *STEREO*. Sondy byly ke své misi vypuštěny již 25. října roku 2006. Jejich úkol však vyžadoval speciální naváděcí manévry. Dvě téměř identické sondy *STEREO A* a *B* byly navedeny na protáhlou eliptickou dráhu kolem Země a ve vhodný okamžik pomocí manévru v gravitačním poli Měsíce nasměrovány na heliocentrickou orbitu jen málo odlišnou od samotné Země. Oběžné dráhy s periodou 345 respektive 385 dní a poloha před a za Zemí sondám umožní získat stereoskopický pohled na dění na Slunci i v prostoru mezi ním a Zemí. Sondy mají přispět k pochopení mechanismu vzniku erupcí a průběhu jevů *CME* (*coronal mass ejection*) a vylepšit naši představu o prostorové struktuře slunečního větru a dalších jevů probíhajících mezi Sluncem a Zemí. Dne 24. dubna 2007 byly zveřejněny první pravé stereoskopické snímky Slunce a detailních struktur na jeho povrchu, doposud, pokud byly takové záběry konstruovány, zachycovaly Slunce z jednoho místa v různých časech tak, aby otočení disku nahrazovalo stereoskopické vidění. Tím samozřejmě došlo ke znehodnocení detailů, neboť oblasti na povrchu ze zatím vyvíjely. Kromě Slunce bude zařízení *STEREO* nejspíše úspěšně použito ke studiu komet – podobně jako jeho předchůdce sonda *SOHO*. Už dnes po čtyřech měsících činnosti jsou k dispozici unikátní záběry komety *C/2006 P1 (McNaught)* a *2P/Encke* [1].

Nejbližší planeta ke Slunci Merkur bude v následujících letech zkoumána prostřednictvím sondy *MESSENGER* (*MESSENGER – MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging mission*). Jedná se o meziplanetární sondu jejímž úkolem je důkladný průzkum planety, jejího povrchu a magnetismu. Byla vypuštěna 3. srpna 2004 pomocí nosiče *Delta II*. Navedení na dráhu kolem Merkuru bude vzhledem ke snaze o úsporu paliva poněkud zdlouhavé. Sonda nejprve na své cestě prolétne opět kolem Země (stalo se 2. srpna 2005, pořídila zajímavé záběry naší planety), dvakrát kolem Venuše – 24. října 2006 a 5. června 2007 a třikrát kolem samotného Merkuru (14. ledna a 6. října 2008; 29. září 2009) předtím, než definitivně zakotví na oběžné dráze 8. března 2011. Sonda je vybavena celou řadou přístrojů: *Mercury Dual Imaging System (MDIS)* slouží k pořizování detailní monochromatických snímků povrchu, *Gamma-Ray and Neutron Spectrometer (GRNS)* bude zkoumat rozložení prvků na povrchu včetně polárních oblastí, *X-Ray Spectrometer (XRS)* bude mapovat rozšíření prvků v kůře Merkuru, *Magnetometer (MAG)* bude mapovat magnetického pole planety, *Mercury Laser Altimeter (MLA)* bude studovat topografii Merkuru a měl by přispět k potvrzení/vyvrácení možnosti tekutého jádra Merkuru, *Mercury Atmospheric and Surface Composition Spectrometer (MASCS)* bude zkoumat složení atmosféry a hledat povrchové minerály, *Energetic Particle and Plasma Spectrometer (EPPS)* bude sledovat nabitě částice v magnetosféře a *Radio Science* bude za využití Doplerova jevu zjišťovat rozložení hmotnosti v tělese planety [2].

Evropská sonda *Venus Express* je po dlouhé době prvním experimentem, který detailně zkoumá planetu Venuši. Sonda byla vypuštěna 9. listopadu 2005 ruskou raketou *Sojuz – Fregat* z kazašského kosmodromu Bajkonur. Startovní hmotnost sondy byla 1 270 kg (570 kg tvořilo palivo). Sonda je vybavena řadou přístrojů, jejichž úkoly budou soustředěny především na studium atmosféry (teplota a dynamika v různých vrstvách od nízkých až po ionosféru). Přístroj *ASPERA* (*Analyser of Space Plasma and Energetic Atoms*) bude studovat interakci slunečního větru

s atmosférou a částice opouštějící atmosféru Venuše, *MAG (Venus Express Magnetometer)* bude studovat remanentní magnetické pole a pole generované interakcí atmosféry se slunečním větrem, *PFS (Planetary Fourier Spectrometer)* bude sledovat teplotu atmosféry a povrchu za účelem zjištění aktivního současného vulkanismu, *SPICAV/SOIR (Ultraviolet and Infrared Atmospheric Spectrometer)* je určen ke studiu atmosféry a bude sledovat obsah molekulárního kyslíku, sloučenin síry a hustotu atmosféry ve velkých výškách, *VeRa (Venus Radio Science Experiment)* bude zajišťovat spojení se Zemí a studovat elektrické vlastnosti a atmosféry, *VIRTIS (Ultraviolet/ visible/ near-infrared Mapping Spectrometer)* bude sledovat složení a vlastnosti atmosféry ve výškách 0 – 40 km a sledovat oblačnost, *VMC (Venus Monitoring Camera)* je určena k pořizování multispektrálních snímků s vysokým rozlišením. Kolem planety Venuše a její atmosféry je dodnes mnoho nezodpovězených otázek. Například jak funguje tak hustá atmosféra, co způsobuje rychlou rotaci atmosféry a vítr o síle hurikánu, jak funguje oblačný systém, jaké procesy řídí chemické složení atmosféry, jaká je evoluce klimatu, role skleníkového jevu, zda zde existují cykly vody, oxidu uhličitého či kyseliny sírové, proč některé oblasti povrchu odrážejí tak mnoho rádiových vln, či zda je na Venuši v současnosti vulkanická aktivita. Už v průběhu zachycení sondy na oběžné dráze Venuše byly pořízeny první unikátní snímky oblačného příkrovu planety na vlnové délce 367 nm (UV). Podle měření vane vítr rychlostí, při které oběhne kolem planety za 94 hodin. Další zajímavostí ve výsledcích měření sondy *Venus Express* přístroje *VIRTIS* je srovnání prvních měření s topografií povrchu získanou podle radarových záběrů ze sondy *Magellan* z roku 1990. Sledovány byly regiony *Themis* a *Phoebe* na jižní polokouli, kde v minulosti existovala (a možná i v současnosti existuje) silná vulkanická aktivita. Asi nejzajímavějším výsledkem prvních etap výzkumu je zachycení dvojitého víru kolem jižního pólu. Sledován byl také velice zajímavý jev vyzářování půlnocní strany Venuše na vlnových délkách IR. Jev vzniká ve vysoké atmosféře Venuše (na denní straně) kde dochází v důsledku interakce molekul CO_2 s UV zářením k jejich rozpadu a uvolňování atomů kyslíku, které jsou v důsledku subsolární cirkulace atmosféry přenášeny na noční stranu, kde klesají do nižších vrstev. Tam dochází k rekombinaci na O_2 za emise specifické IR vlnové délky světla. Jev byl poprvé popsán již v roce 1979 a objeven pozemními teleskopy [3].

Další planetou, která je v současnosti zkoumána nejdetailněji, je Mars. V současnosti je jeho povrch a atmosféra sledována řadou přístrojů. Evropská sonda *Mars Express (ESA)* je určena ke hledání podpovrchové vody z orbitální dráhy. Byla vypuštěna z kosmodromu Bajkonur 2. června 2003, dne 25. prosince 2003 byla navedena na oběžnou dráhu kolem planety a na konci listopadu 2005 ukončila nominální misi a vstoupila do fáze tzv. prodloužené mise. V rámci své mise dosáhla mnoha zajímavých výsledků. Velká část povrchu Marsu byla nasnímána stereoskopickými snímky, spektroskopicky byly nalezeny stopy metanu v atmosféře, zejména v oblasti *Arabia Terra*, v oblastech silné remanentní magnetizace byly pozorovány polární záře a poprvé byly studovány podpovrchové struktury s instrumentem *MARSIS*. K posledním výsledkům patří měření tloušťky jižní polární čepičky přístrojem *Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionospheric Sounding (MARSIS)*, tloušťka depozitů obsahujících vodu byla stanovena na základě měření zpoždění radarových odrazů od povrchových a podpovrchových vrstev, data naznačují, že oblast o velikosti Texasu má místy tloušťku větší než 3,7 km a je složena převážně z čisté vody s malou příměsí prachu, „uskladněná“ voda by na Marsu vytvořila oceán o hloubce až 11 m. Vozítka *Mars Exploration Rover – Spirit* a *Opportunity* – provádějí výzkum povrchu jako součást dlouhodobého programu robotického výzkumu *Mars Exploration Program* americké NASA, startovaly 10. června a 7. července 2003 a jejich úkolem bylo hledání stop po působení vody na Marsu, na povrchu přistála 3. a 24. ledna 2004, sondy byly navedeny na přistání na místech, která byla patrně tvarována vodou (na opačných stranách planety). Vozítko *Spirit* přistálo poblíž kráteru *Gusev* (starý impaktní kráter zaplavený vodou), *Opportunity* na planině *Meridiani*, která je pokryta depozity hematitu, jehož vznik je doprovázen přítomností vody. Zajímavostí spojenou s oběma vozítky je jejich „dlouhověkost“. Před přistáním bylo v plánu urazit na povrchu planety vzdálenost kolem 40 m za den a celkem ujet cca 1 km. Vozítko *Spirit* v současnosti pracuje na Marsu již 1 184 solů

(marsovských dní), čímž překročilo původní misi o 1 094 solů a doposud ujelo 7,5 km, *Opportunity* pracuje na Marsu 1 163 solů (1073 nad plán) a najelo ještě více, přes 11 km. K posledním úspěchům patří detailní průzkum odkrytých sedimentů v kráteru *Viktoria* spojený s vytvořením prostorových animací vzhledu celého útvaru, či sledování tvorby a vývoje prашných vírů. Sonda *Mars Global Surveyor* studovala po dlouhou dobu povrchové struktury na planetě, atmosféru a magnetické vlastnosti, ale v zimě letošního roku ukončila svou činnost. Sonda *Mars Odyssey* provádí mapování globální morfologie a mineralogie Marsova povrchu, byla vypuštěna 7. dubna 2001 raketou *Delta II* z Cape Canaveral na Floridě, Marsu dosáhla 24. října 2001 a mapování planety zahájila v lednu 2002. Její primární mise byla ukončena v roce 2004, ale *Odyssey* plní momentálně druhou rozšířenou misi a pracuje jako retranslační stanice pro MERy. Poslední sondou, o které bude řeč je *Mars Reconnaissance Orbiter* určená ke studiu historie vody na Marsu, která byla vypuštěna 12. srpna 2005 a v březnu 2006 dosáhla Marsu. Pro svou činnost je vybavena řadou přístrojů poslední generace: *HiRISE* (*High Resolution Imaging Science Experiment*) je polychromatická kamera pracující ve viditelné oblasti spektra s vysokým rozlišením (30-60 cm/pixel), *CTX* (*Context Camera*) je monochromatická kamera s širokoúhlým objektivem a nízkým rozlišením (8 m/pixel) pro snímky větších území a lokalizaci snímků z kamery *HiRISE*, *MARCI* (*Mars Color Imager*) je širokoúhlá globální barevná kamera snímající ve viditelné a ultrafialové oblasti spektra a slouží k pořizování synoptických snímků oblačnosti a sezónních změn na povrchu, zejména polárních čepiček, *CRISM* (*Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars*) je hyperspektrální zobrazující spektrometr pro informace o složení povrchu, zejména pro zjišťování přítomnosti minerálů obsahujících vodu, *MCS* (*Mars Climate Sounder*) je radiometr pracující ve viditelné a infračervené oblasti spektra pro měření výškového profilu teplot, obsahu vodní páry a prachu v atmosféře a ledu nebo jinovatky na povrchu planety, *SHARAD* (*Shallow Radar*) je radiolokátor pro zjišťování přítomnosti vodního ledu v hloubkách do 1 km pod povrchem terénu. Z posledních výsledků lze vybrat několik zajímavostí. Dne 30. září 2006 probíhalo snímání písečných dun v oblasti *Candor Chasma* v okrajové části údolního systému *Valles Marineris* s rozlišením až 26 až 52 cm/pixel. Struktury na snímku pravděpodobně vznikly, když v minulosti Marsu tekutá voda promočila podpovrchové horniny, což mohlo vést k vytvoření vhodných podmínek pro existenci mikrobiálního života. Druhou zajímavostí je sledování sezónních změn v oblasti možného přistání budoucí mise *Phoenix*. Přístroj *CRISM* pořídil zhruba z odstupem jednoho měsíce snímky téměř stejné oblasti na vlnových délkách 0,36-3,92 mikrometru (celkem 544 kanálů), markantní rozdíly, kdy v případě druhého snímku prakticky není vidět povrch, jsou dány sezónními změnami množství krystalů vodního ledu v atmosféře [4], [5].

Mise *New Horizons* je určena ke studiu trpasličí planety Pluto a dalších transneptunických těles. Do cíle její cesty jí však zbývá urazit ještě mnoho milionů kilometrů. Byla vypuštěna 19. ledna 2006 raketou *Atlas V* z kosmodromu na mysu Canaveral (USA) a v únoru 2007 prolétla kolem Jupiteru, její cesta bude pokračovat letem meziplanetárním prostorem od března 2007 až do června 2015, kdy v červenci 2015 dojde ke krátkému setkání s Plutem a jeho měsícem Charonem. V roce 2016 bude pokračovat výzkum dalších transneptunických těles. Úkolem sondy je zmapovat složení i vzhled povrchu Pluta a Charonu, zkoumat složení atmosféry obou těles, vytvořit mapu povrchových teplot a pátrat po dalších tělesech v systému Pluto-Charon. Podobný průzkum bude proveden i v případě dalších transneptunických těles. Fungování systémů sondy bylo prověřeno právě při průletu kolem Jupiteru, který byl využit k mnoha zajímavým pozorováním této obří planety a jejího rozsáhlého systému měsíců. Jednak byl sledován oblačný příkrov planety a jeho změny. Přístrojem *LEISA* (*Linear Etalon Imaging Spectral Array*) – IR kamera mise *New Horizons* (součást zařízení *Ralph*) byly studovány detaily turbulentní atmosféry Jupiteru na vlnových délkách 1,25 až 2,5 mikrometru, ukázalo se například, že jevy doprovázející záhadný útvar Velkou rudou skvrnu zasahují velmi vysoko do atmosféry Jupiteru, nebo že jižní polární oblast je překrytá mohutným oparem. Sledovány byly kromě samotného Jupiteru také velké měsíce, přičemž nejzajímavější pohledy nabídl jako obvykle vulkanicky aktivní Io. Na první pohled jsou

i v nízkém rozlišení na jeho povrchu pozorovatelné změny, přestože od získání posledních detailních snímků ze sondy *Galileo* uplynulo teprve 8 let. Na Sluncem neosvětlené straně Io byly IR kamerami odhaleny jasně zářící skvrny – oblasti pokryté čerstvou lávou. Na jednom ze snímků byla zaznamenána také mohutná erupce, při které byl materiál vyvržen vysoko nad povrch měsíce [6].

Poslední misí, o které se zmíníme, a která v současnosti významně přispívá k rozšíření našich znalostí o sluneční soustavě je „poslední velká sonda“ *Cassini*, která vytrvale plní své úkoly při průzkumu planety Saturn, jeho měsíce Titanu a dalších těles v jejím okolí. Sonda odstartovala na svou misi již 15. října 1997, přičemž po několik úpravách dráhy a urychlení v gravitačním poli Venuše, Země a Jupiteru dorazila k Saturnu 1. července 2004. Startovní hmotnost sondy činila cca 6 000 kg, sonda nesla pouzdro *Huygens* určené pro přistání na Titanu, které vážilo 319 kg a úspěšně na měsíci přistálo v lednu 2005. Parametry sondy jsou z dnešního pohledu úctyhodné, výška 6,8 m, parabolická anténa o průměru 4 m, vzhledem k nedostatku slunečního záření je energie přístrojům dodávána třemi radioizotopovými generátory o počátečním výkonu 880 wattů. Celá sonda měla přispět k vyřešení mnoha záhad, které kolem planety Saturn dosud existují: jednak pomoci pochopit, jak funguje a vznikl dynamický a rozsáhlý systém prstenců, jak pracuje dynamická atmosféra zahalená metanovou mlhou, prozkoumat detailně jeden z největších měsíců sluneční soustavy – Titan, který je jediným tělesem svého druhu majícím hustou atmosféru, dále prozkoumat nejrozsáhlejší rodinu měsíců různých velikostí a silné magnetické pole planety. Sonda nashromáždila během tří let činnosti mnoho unikátních pozorování, měření i snímků. Z poslední doby vybírám jen několik zajímavostí. Jednak unikátní pohled na Saturnovy prstence, který se pozemšťanům nikdy nenaskytne. Prstence byly nasnímány ze vzdálenosti 1,23 milionu km, při přeletu pod úhlem 40° k rovině prstenců a to s rozlišením až 70 km/pixel. Nad severním pólem Saturnu byl opět pozorován velice zvláštní útvar, rotující „hexagon“ (šestiúhelník rotující kolem severního pólu Saturnu), který byl objeven již sondami *Voyager* (na snímcích byl parný jen velmi špatně, *Voyager* prolétal takřka v rovině Saturnova rovníku). Tento unikátní snímek (a vido-sequenze) polární oblasti byl získán ze vzdálenosti 902 000 km pomocí mapovacího spektrometru pro viditelnou a IR oblast na vlnové délce 5 mikrometrů v době, kdy oblast nebyla osvětlena Sluncem (zachycuje tedy tepelné vyzařování Saturnu). Podle těchto snímků útvar zasahuje až do hloubky kolem 75 km (hlouběji než se myslelo na základě dat z *Voyagerů*). Velká pozornost je při průletech kolem Saturnu věnována měsíci Titan, kvůli kterému byla speciálně navržena dráha, která umožňuje jeho pravidelné sledování s vysokým rozlišením. Pomocí mapovací spektrometru pro IR a viditelnou oblast byl nad severním pólem Titanu pozorován mohutný oblačný systém, který může být zdrojem deště tekutých uhlovodíků, které naplňují nedávno objevená jezera na povrchu. Velmi zajímavým Saturnovým měsícem je ledový Enceladus, který taktéž patří k pravidelným cílům kamer sondy *Cassini*. Během jednoho z průletů kolem tohoto měsíce byl jeho povrch zaznamenán s vysokým rozlišením pomocí teleskopické kamery v oblastech UV až IR. Z původních 21 snímků pořízených ze vzdáleností od 61 000 do 11 000 km s rozlišením od 350 m do 67 m na pixel byl složen jediný, na kterém jsou patrné detaily v kůře Enceladu. Povrchové praskliny jsou výrazně modřejší, což je dáno pravděpodobně nízkým obsahem prachových částic v novém ledu zlomů. Poprvé byly detailně sledovány také ledové „jety“ proudící od jižního pólu Enceladu, které formují slabý prstenec E. Snímány jsou pochopitelně také další velké i menší Měsíce [7], [8].

Zdroje:

- [1] STEREO Mission Home Page; Dostupné z: <http://stereo.gsfc.nasa.gov/> .
- [2] MESSENGER Home Page; Dostupné z: <http://messenger.jhuapl.edu/index.php> .
- [3] ESA's Venus Express Home Page; Dostupné z: http://www.esa.int/SPECIALS/Venus_Express/index.html .
- [4] NASA's Mars Exploration Program; Dostupné z: <http://mars.jpl.nasa.gov/> .
- [5] NASA'S Mars Exploration Program – Missions; Dostupné z: <http://mars.jpl.nasa.gov/missions/> .
- [6] New Horizons Home Page; Dostupné z: <http://pluto.jhuapl.edu/index.php> .
- [7] Cassini Home Page; Dostupné z: <http://saturn.jpl.nasa.gov/home/index.cfm> .
- [8] Cassini-Saturn Press Releases; Dostupné z: <http://saturn.jpl.nasa.gov/news/press-releases.cfm> .

Vesmírné teleskopy

Michal VÁCLAVÍK

O výstavbě velkého vesmírného dalekohledu, který by kroužil na oběžné dráze kolem Země, uvažovali astronomové již od poloviny 50. let minulého století. Technika však musela ještě hodně pokročit, aby se lidstvo takového přístroje dočkalo. Stalo se tak 24. dubna 1990, kdy raketoplán *Discovery* vynesl na oběžnou dráhu Hubbleův vesmírný dalekohled (*HST – Hubble Space Telescope*) [1, 2, 3]. Cesta k jeho vypuštění však byla dlouhá a doprovázela ji i jedna z nejhorších katastrof americké kosmonautiky.

Vraťme se ale nyní do roku 1968, kdy probíhal program kosmických observatoří *OAO (Orbiting Astronomical Observatory)* [4]. Tehdy se začaly rodit plány na výstavbu velkého kosmického dalekohledu s průměrem primárního zrcadla 3 metry. Vypuštění bylo naplánováno na rok 1979 a pro dalekohled se zatím provizorně používala označení *Large Orbiting Telescope* nebo *Large Space Telescope*. Přišla však první rána. V roce 1974 zrušil americký Kongres financování projektu výstavby vesmírného dalekohledu. Nastalo celonárodní lobování astronomů u kongresmanů a senátorů, potřebu vesmírného dalekohledu vyjádřila také Národní akademie věd. Kongres nakonec v roce 1977 odsouhlasil uvolnění počátečních 38 milionů dolarů na projekt stavby dalekohledu. Z důvodu snížení financí oproti původnímu plánu z roku 1968, byl zmenšen průměr primárního zrcadla na 2,4 metru. Start byl naplánován na rok 1983 a dalekohled přejmenován na počest slavného amerického astronoma *Edwina Powella Hubblea* [5].

Srdcem Hubbleova vesmírného dalekohledu je optický systém *OTA (Optical Telescope Assembly)*, jehož největší a nejdůležitější částí je primární zrcadlo. Jeho výroba začala v roce 1977 ve společnosti *PerkinElmer* a v letech 1979 až 1981 probíhalo leštění s přesností na 30 nm. Protože práce nepostupovaly tak rychle jak se předpokládalo, došlo k odložení startu na říjen 1984. Zpoždění na vývoji pokračovalo a start se tak odložil na duben 1985, později březen 1986, a nakonec až na září téhož roku. Vraťme se ale ještě na chvíli ke konstrukci dalekohledu. Ve výsledku je délka *HST* 15,9 m, průměr 4,2 m a hmotnost 11 110 kg (svými rozměry se dalekohled může rovnat s autobusem). Dodávku elektrické energie zajišťuje dvojice solárních panelů a palubních akumulátorů, komunikace se Zemí pak probíhá pomocí přenosu dat přes síť družic *TDRS (Tracking and Data Relay Satellites)* [6]. Výrobní náklady Hubbleova vesmírného dalekohledu dosáhly astronomické částky 2,5 miliardy dolarů, ale to je pochopitelné, jedná se přece o astronomický přístroj :-). Celý projekt poté stál více jak 6 miliard.

Vědecká „výzbroj“ dalekohledu čítala v počátcích šest přístrojů [např. 2]:

- *Wide-Field Planetary Camera 1 (WF/PC-1)* – kombinovaná širokoúhlá a planetární kamera pracující v rozsahu vlnových délek 115 – 1 100 nm. Systém obsahuje 4 CCD prvky o rozměrech 800 x 800 px.
- *The Faint Object Camera (FOC)* – kamera pro záznam velmi slabých objektů pracující v rozsahu vlnových délek 115 – 650 nm.
- *The Faint Object Spectrograph (FOS)* – spektrograf slabých objektů pracující v rozsahu vlnových délek 115 – 800 nm.
- *The Goddard High Resolution Spectrograph (GHRS)* – vysokorozlišující spektrometr pracující v rozsahu vlnových délek 105 – 320 nm.
- *The High Speed Photometer (HSP)* – vysokorychlostní fotometr, který je schopen provést 100 000 měření za sekundu.
- *The Fine Guidance Sensors (FGS)* – systém přesné pointace pro astrometrická měření.

Podívejme se nyní na vypuštění Hubbleova vesmírného dalekohledu. Jak už bylo uvedeno výše, start byl naplánován na druhou polovinu roku 1986. Bohužel došlo dne 21. ledna 1986 k tragické havárii raketoplánu *Challenger* (mise *STS-51L*), při které zahynula celá posádka. Starty raketoplánů byly pozastaveny a tím pádem nemohlo ani dojít k vypuštění *HST*. K tomu došlo až o čtyři roky později, 24. dubna 1990, při misi *STS-31* raketoplánu *Discovery* [7]. Již z prvních snímků pořízených z oběžné dráhy bylo jasné, že překonávají snímky pořízené pozemními dalekohledy stejných parametrů. Přesto však nebyly snímky nijak dokonalé a nesplnily očekávání vědců. Na vině byla výrobní vada (sférická aberace) na primárním zrcadle, která způsobila rozmazání výsledného obrazu. Za vše přitom mohla odchylka pouhé 2 μm .

Už od počátku projektu Hubbleova vesmírného dalekohledu se plánovalo se servisními misemi raketoplánu, kdy by posádka naložila dalekohled do nákladového prostoru a přivezla jej k údržbě na Zemi. U tohoto plánu zůstalo s jedinou změnou, a to opravami přímo na oběžné dráze kolem Země. A právě při první servisní misi byla naplánována i korekce optické vady primárního zrcadla.

Dne 2. prosince 1993 odstartoval raketoplán *Endeavour* (*STS-61*) [8] k první servisní misi Hubbleova vesmírného dalekohledu. V průběhu mise se uskutečnilo celkem pět výstupů do volného prostoru, tzv. *EVA* (*Extra-Vehicular Activity*) při kterých byly vyměněny panely slunečních baterií, čtyři gyroskopy stabilizačního systému a instalován nový palubní počítač. Odstraněn byl fotometr *HSP* a kamerový systém *WF/PC-1*, které nahradily dvě nová zařízení [např. 2]:

- *Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement (COSTAR)* – systém korektivní optiky nainstalovaný místo *HSP*. Účelem je korekce aberace primárního zrcadla pro původní přístroje. Všechna nově nainstalovaná zařízení mají již vlastní optické korekční členy.
- *Wide-Field Planetary Camera 2 (WF/PC-2)* – vylepšená kombinovaná širokoúhlá a planetární kamera pracující opět v rozsahu vlnových délek 115 – 1 100 nm. Systém obsahuje 4 CCD prvky o rozměrech 800 x 800 px a 48 filtrů.

Zajímavostí první servisní mise je účast astronauta *Franklina Story Musgraveho*, který se jako jediný člověk na světě „proletěl“ ve všech orbiterech flotily amerických raketoplánů (*Columbia*, *Challenger*, *Atlantis*, *Discovery* a *Endeavour*); na raketoplánu *Challenger* dokonce dvakrát.

Druhá servisní mise byla zahájena 11. února 1997 startem raketoplánu *Discovery* (*STS-83*). Stejně jako v předchozím případě, i nyní bylo naplánováno pět výstupů do volného prostoru, kdy byl vyměněn záznamník dat, systém precizní pointace *FGS* a opět nainstalován nový a výkonnější počítač. Odstraněn byl spektrometr *FHRS* a spektrograf slabých objektů *FOS*, které nahradila dvě nová zařízení [např. 2]:

- *Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS)* – obrazový spektrograf pracující v rozsahu vlnových délek 115 – 1 000 nm obsahuje tři snímací prvky (1 x CCD a 2x *Multi-Anode Microchannel Array (MAMA)*) o rozměrech 1 024 x 1 024 px.
- *Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer (NICMOS)* – kamera a spektrometr pracující v blízké infračervené oblasti. Celý systém pracuje při nízkých teplotách, proto je chlazen tuhým dusíkem.

V průběhu roku 1999 se začaly projevovat závady na třetím gyroskopu orientačního systému, které vyvrcholily 20. dubna jeho selháním. Na palubě *HST* tak byly funkční pouze tři gyroskopy ze šesti a pro bezpečnou orientaci jsou potřeba minimálně dva. Dne 13. listopadu 1999 došlo k selhání v pořadí již čtvrtého gyroskopu a Hubbleův vesmírný dalekohled přešel do bezpečnostního módu. Bylo nutné neprodleně vyměnit vadné gyroskopy za nové. Bohužel kompletní výbava pro třetí servisní misi ještě nebyla připravena a tak bylo rozhodnuto ji rozdělit

na dvě části. K servisní misi 3A odstartoval 20. prosince 1999 raketoplán *Discovery* (STS-103) [9]. Při třech kosmických vycházkách se podařilo vyměnit všech šest gyroskopů za nové, vyměnit část systému *FGS* a nainstalovat nový počítač (řada *Intel 486*). Druhá polovina mise (3B) se uskutečnila až o tři roky později. Dne 1. března 2002 odstartoval k zatím poslední servisní misi raketoplán *Columbia* (STS-109) [10]. Jednalo se mimochodem také o poslední úspěšný let tohoto raketoplánu před osudným 1. únorem 2003, kdy byl raketoplán zničen a zahynula celá posádka. V rámci mise se uskutečnilo pět výstupů do volného prostoru, při kterých byly vyměněny solární panely, gyroskop a instalován nový chladicí systém pro *NICMOS*. Za kameru *FOC* byl namontován nový přístroj [např. 2]:

- *Advanced Camera for Surveys (ACS)* – systém tří kamer (širokoúhlá kamera *WFC*, kamera s vysokým rozlišením *HRC* a kamera pro pozorování Slunce *SBC*). Rozměry zdvojených CCD prvků jsou 2 048 x 4 096 px a přístroj *ACS* se tak stal nejlepším zařízením pracujícím na *HST*.

Další servisní mise k Hubbleovu vesmírnému dalekohledu, původně naplánována na únor 2005, se ale nekonala. Na vině byla již zmiňovaná havárie raketoplánu *Columbia*. Jedním z hlavních závěrů vyšetřovací komise totiž bylo omezení letů raketoplánu pouze k Mezinárodní kosmické stanici *ISS*. Následovalo další kolo lobování u představitelů *NASA*, avšak administrátor *Sean O'Keefe* odmítl jakoukoli pilotovanou misi k *HST*. Dne 11. srpna 2004 doporučil *O'Keefe* vypracovat detailní studii na robotickou servisní misi k Hubbleovu vesmírnému dalekohledu. To však bylo, jak se později ukázalo, velmi nereálné řešení. Náklady na robotickou misi by dosáhly téměř 500 milionů dolarů a šance na úspěch byla asi 50%. Naděje na záchranu *HST* byla téměř nulová a astronomové se pomalu začali smířovat se skutečností, že budou několik let bez výkonného vesmírného dalekohledu. V dubnu 2005 však došlo k obratu. Do čela *NASA* se dostal *Mike Griffin*, který začal přehodnocovat scénář záchranné servisní mise. Nakonec byl dne 31. října 2006 vydán oficiální souhlas s uskutečněním pilotované servisní mise raketoplánem *Atlantis* (STS-125) se startem 11. září 2008. Naplánováno je pět výstupů do volného prostoru, při kterých budou vyměněny všechny gyroskopy, opravě poškozeného vybavení a dojde k instalaci dvou nových přístrojů *Wide-Field Planetary Camera 3 (WF/PC-3)* a *Cosmic Origins Spectrograph (COS)* [např. 2]. V případě, že vše proběhne bez problému, bude životnost *HST* prodloužena do roku 2013.

A jak je na tom Hubbleův vesmírný dalekohled nyní? V srpnu 2004 došlo k neopravitelné závadě v napájecím obvodu obrazového spektrografu *STIS*, který od té doby přestal fungovat a dodávat vědecká data. Další zařízení, které postihla závada byl systém *ACS*, u nějž došlo v červnu 2006 k poškození elektroniky a bylo nutné přejít na záložní elektronický systém. Vědecká činnost pokračovala až do konce ledna 2007, kdy došlo k proudovému přetížení záložní elektroniky. V současné době funguje z *ACS* pouze kamera *SBC* pro sledování Slunce. Systém orientačních gyroskopů začíná také pomalu dosluhovat a nyní jsou v provozuschopném stavu pouze dva gyroskopy, s tím, že počítačový model předpověděl jejich nefunkčnost nejpozději v třetím čtvrtletí roku 2008. No máme se na co těšit, neboť servisní mise je naplánována na září téhož roku.

Pojďme se ještě podívat na pár, pro laickou veřejnost jistě zajímavých, pozorování, která provedl Hubbleův vesmírný dalekohled. V období od května do července roku 1994 pozoroval *HST* rozpad komety *Shoemaker-Levy 9*, jejíž části poté dopadly na planetu Jupiter. Po několik týdnů byly v atmosféře Jupiteru pozorovatelné pozůstatky po dopadech. V případě, že by podobná srážka potkala Zemi, nikdo z nás by již tyto řádky nečetl. Ve dnech od 18. do 28. prosince 1995 bylo pořízeno 342 snímků v souhvězdí Velké Medvědice s délkou expozice 15 až 45 minut. Po složení těchto snímků a počítačovým zpracováním se otevřel neuvěřitelný pohled na objekty vzdálené 12 miliard světelných let. Tento snímek vešel do dějin astronomie pod názvem Hubbleovo hluboké pole (*Hubble Deep Field*). V říjnu 1998 byl obdobným způsobem pořízen snímek malé části oblohy v souhvězdí Tukana. Tento snímek nese název Hubbleovo jižní hluboké pole (*Hubble Deep Field*

South). V průběhu září 2003 až ledna 2004 pořídil *HST* přes 800 snímků s celkovou expoziční dobou kolem 1 000 000 sekund! Na snímku, který získal příznačně jméno Hubbleovo ultrahluboké pole (*Hubble Ultra Deep Field*), bylo objeveno na 10 000 galaxií, z nichž nejvzdálenější jsou kolem 13 miliard světelných let. Tyto objekty můžeme přiřadit k nejstarším galaxiím ve vesmíru [11]. Vědeckých poznatků, ale i nádherných obrázků objektů jak ve sluneční soustavě, tak i ve vzdáleném vesmíru přinesl Hubbleův vesmírný dalekohled nepřehledné množství. Stačí navštívit některé z odkazů [1, 2, 3] a kochat se ...

Nástupcem Hubbleova vesmírného dalekohledu se má stát *James Webb Space Telescope (JWST)* [12] pojmenovaný po druhém administrátorovi *NASA Jamesi Edwinu Webbovi*. Na vývoji tohoto dalekohledu se podílí nejenom *NASA*, ale také Kanadská kosmická agentura *CSA* a Evropská kosmická agentura *ESA*. Vypuštění *JWST* je naplánováno na rok 2013 pomocí evropské nosné rakety *Ariane 5 ESC-A*. Nový vesmírný dalekohled nebude pracovat na oběžné dráze kolem Země jako *HST*, ale bude umístěn v Lagrangeově bodě L2 soustavy Země – Slunce. Hmotnost *JWST* bude 6 200 kg a jeho hlavním posláním bude zkoumání vzdáleného vesmíru v infračervené oblasti. Rozpočet na celý projekt je v současné době 3,5 miliardy dolarů.

Základem dalekohledu Jamese Webba je optický systém s primárním zrcadlem o průměru 6,5 metru. Protože by se takto velké zrcadlo vybroušené z jednoho kusu velmi špatně dopravovalo do vesmíru, bylo rozhodnuto ho sestavit z 18 menších hexagonálních segmentů. Výroba zrcadlových segmentů probíhala ze nejpřísnějších podmínek v letech 2004 až 2007 a bylo vyrobeno 19 segmentů (jeden náhradní), z nichž každý má hmotnost pouze 20 kg, což je dáno použitím berylia pro stavbu.

Největší součástí *JWST* bude sluneční štít (*Sunshield*), který bude chránit aparaturu dalekohledu před přímým slunečním zářením. To je podmínka, která musí být dodržena, pokud chceme provádět precizní pozorování v infračervené oblasti spektra. Tento štít bude mít rozměry přibližně 24 x 12 metru. Další součástí je technický a podpůrný systém (*Spacecraft Bus*), který bude umístěn na opačné straně slunečního štítu, než pozorovací aparatura. Jeho součástí bude elektrický, orientační, komunikační, povelový, pohonný subsystém a subsystém řízení prostředí (hlavně z důvodu chlazení). Vědeckou výbavu dalekohledu Jamese Webba tvoří čtyři přístroje:

- *Mid-Infrared Instrument (MIRI)* – detektory v infračerveném oboru, jejichž účelem bude zkoumání velmi starých a vzdálených hvězd, určování velikosti těles Kuiperova pásu a hledání slabých komet.
- *Near Infrared Camera (NIRCam)* – kamera v blízké infračervené oblasti. Náplní činnosti přístroje bude detekce velmi starých galaxií a prvních hvězd, dále pak objevování supernov a detekce temné hmoty.
- *Near Infrared Spectrograph (NIRSpec)* – spektroskop v blízké infračervené oblasti. Jeho činností bude sledování chemického složení mladých galaxií a sledování rozložení prvků v závislosti na stáří pozorované oblasti.
- *Fine Guidance Sensor (FGS)* – systém vysoce precizní pointace.

Hlavními cíli *James Webb Space Telescope* jsou:

- určení topologie vesmíru
- vysvětlení vývoje galaxií
- porozumění vzniku a vývoji hvězd
- určení tvorby planetárních systémů
- určení tvorby vesmíru a jeho tvoření
- zkoumání povahy skryté hmoty

Inovacemi použitými na *James Webb Space Telescope* jsou:

- optika z vylehčených materiálů
- sklápěcí segmentové zrcadlo
- zlepšené detektory
- kryogenní zařízení a adaptivní optika

Na závěr přednášky byla ještě zmíněna Velká čtyřka vesmírných observatoří, kam mimo *HST* také patří *Compton Gamma Ray Observatory* [13] pro sledování tvrdého rentgenového záření, která pracovala v letech 1991 až 2000. Dále *Chandra Space Telescope* [14] pro sledování měkkého rentgenového záření (od roku 1999) a nakonec *Spitzer Space Telescope* [15], který má za úkol zkoumat vesmír v infračerveném oboru spektra (od roku 2003).

Zdroje:

- [1] HubbleSite. Dostupné z: <http://hubblesite.org>.
- [2] Space Telescope Science Institute – Hubble Space Telescope. Dostupné z: <http://www.stsci.edu/hst>.
- [3] The European Homepage For The NASA/ESA HST. Dostupné z: <http://www.spacetelescope.org>.
- [4] Orbiting Astronomical Observatory (OAO). Dostupné z: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/O/OAO.html>.
- [5] Wikipedia – Edwin Hubble. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Edwin_Hubble.
- [6] NASA's TDRS Program. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/multi/tdrs.html>.
- [7] 1990-037A – STS 31. Dostupné z: <http://www.lib.cas.cz/knav/space.40/1990/I037A.HTM>.
- [8] 1993-075A – STS 61. Dostupné z: <http://www.lib.cas.cz/knav/space.40/1993/I075A.HTM>.
- [9] 1999-069A – STS 103. Dostupné z: <http://www.lib.cas.cz/knav/space.40/1999/I069A.HTM>.
- [10] 2002-010A – STS 109. Dostupné z: <http://www.lib.cas.cz/knav/space.40/2002/I010A.HTM>.
- [11] Petr Kulhánek: Soumrak HST – projekt HUDF. Dostupné z: http://aldebaran.cz/bulletin/2004_14_hst.html.
- [12] The James Webb Space Telescope. Dostupné z: <http://www.jwst.nasa.gov/>.
- [13] CGRO Science Support Center. Dostupné z: <http://cosscc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/index.html>.
- [14] The Chandra X-ray Observatory Center. Dostupné z: <http://chandra.harvard.edu/>.
- [15] Spitzer Space Telescope. Dostupné z: <http://www.spitzer.caltech.edu/>.

Komety posledních 30 let

Ing. Martin ZAPLETAL

V roce 1976 zářila na severní obloze kometa *C/1975 VI (West)*, která byla objevena R. M. Westem na snímcích pořízených z *Evropské jižní observatoře* v La Silla (Chile) 24. září 1975. Někdy bývá označována jako Velká kometa, na tomto „postu“ nahradila kometu *C/1973 EI (Kohoutek)*, která nebyla tak jasná, jak se očekávalo. Kometa West prošla 25. 2. 1976 periheliem a při magnitudě -2,4 se stala druhou kometou (po kometě *Ikea-Seki* z roku 1966) pozorovatelnou za denního světla. 25. 3. byl pozorován rozpad jádra na dvě části, později byly pozorovány celkem 4 fragmenty. Kometa měla oběžnou periodu 558 000 let a z vědeckého hlediska byla zajímavá tím, že se jednalo teprve o třetí kometu, u které bylo pomocí radioteleskopu pozorováno spektrum -OH skupin [1,2].

Další zajímavou kometou uvedeného období je asi nejznámější kometa *1P/Halley*. Jedná se o první kometu u níž byla rozeznána periodicitu a jejíž návrat byl předpovězen. Tuto periodicitu objevil, jak již název napovídá, Edmund Halley, když zjistil, že komety z let 1531, 1607 a 1682 jsou jedno a totéž těleso, které se ke Slunci vrací každých 75-76 let a předpověděl její návrat v roce 1758. Tohoto návratu se však již sám nedožil, zemřel roku 1742. S jejím návratem v roce 1910 se pojí známá historie: Země tehdy proletěla ohonem, o kterém média informovala, že obsahuje jedovatý kyanovodík a vznikla tak panika [3]. Při posledním návratu v roce 1986 již bylo lidstvo připraveno na její výzkum mnohem lépe než kdykoliv předtím, a to samozřejmě díky kosmickým sondám. Sond bylo vysláno hned několik: japonské *Suisei* a *Sakigake*, sovětské *Vega 1* a *2*, americká *ISEE3/ICE* a především *Giotto Evropské kosmické agentury (ESA)*. *Sakigake* a *Suisei* byly identické sondy určené k měření plazmatu, iontů slunečního větru a magnetického pole, *Suisei* byla navíc vybavena UV kamerou [4a, 4b]. *Vega 1* a *2* byly sovětské sondy s mezinárodní účastí (především státy *RVHP*, ale také Francie), jejich cílem byla jednak planeta Venuše (výsadkové moduly a atmosférické balóny), jednak kometa Halley, ke které se dostaly poněkud dříve než *Giotto* a pomohly jí s navigací [5a, 5b]. *ISEE3/ICE* byla původně družice Země určená k výzkumu zemské magnetosféry atd. (spolu s *ISEE1* a *ESEE2*), poté byla přejmenována na *ICE (International Comet Explorer)* a navedena na dráhu ke kometě *Giacobini-Zinner* a poté Halley. Stala se tak první sondou zkoumající dvě komety a zabývala se výzkumem interakce slunečního větru a kometární atmosféry [6]. Nejzajímavější z těchto sond však byla bezpochyby *Giotto*, která měla komplexní program výzkumu: pořídít barevné snímky jádra, zjistit složení těkavých látek v komě, určit složení prachových částic, zjistit celkovou produkci plynu a prachu, výzkum toků plazmy z komety a charakterizovat chemické a fyzikální procesy v atmosféře. Nejzajímavějšími vědeckými výsledky bylo, že až 80% materiálu, opouštějícího kometu je tvořeno vodou, 10% CO, 2,5% H₂O dále NH₃ a CH₄ a stopy dalších uhlovodíků, železa a sodíku. Z dalších výsledků lze uvést to, že jádro je velmi nepravidelné a tmavé (tmavší než uhlí), má nízkou hustotu (0,3 g.cm⁻³), bylo nalezeno 7 výtrysků, které vyvrhovaly cca. 3 t materiálu za sekundu a největší částičky tohoto materiálu měly hmotnost kolem 40 mg. V této souvislosti není bez zajímavosti uvést, že během nejtěsnějšího přiblížení k jádru byla sonda zasažena kouskem o hmotnosti asi 0,1-1 g, což způsobilo její rotaci a znemožnilo získávat data [7]. Po letech „hibernace“ proletěla v roce 1992 kolem jádra komety *Grigg-Skjellerup* [8]. Na závěr dodejme, že kometa Halley je mateřským tělesem meteorických rojů *eta Aquarid* (maximum začátkem května) a *Orionid* (maximum koncem října).

Kometa *109P/Swift-Tuttle* byla objevena L. Swiftem 16. 7. 1862 a nezávisle na něm H. P. Tuttle 19. 7. 1862. Poté byla ztracena a znovuobjevena byla až 26. 9. 1992 Tsuruhiko Kiuchim z Japonska. Kometa má periodu 134 let příští návrat je očekáván v roce 2126. Kometa sama o sobě není nijak zvlášť zajímavá, v tomto souhrnu je uvedena především proto, že je mateřským tělesem asi nejznámějšího meteorického roje *Perseid*, který má každoroční maximum kolem 11. srpna [9].

Kometa *D/1993 F2 (Shoemaker-Levy 9)* byla objevena Carolyn a Eugene M. Shoemakerovými a Davidem Levym 24. 3. 1993 na observatoři *Mt. Palomar*. Již objevové snímky naznačovaly, že se jedná o neobvyklou kometu. Byla tvořena několika jádry a podle pozdějších výpočtů se vyskytovala velmi blízko planety Jupiter, proto vědci předpokládali, že Shoemakerovy a Levy objevili fragmenty komety, která byla roztrhána na kusy jupiterovou gravitací. Studium dráhových vlastností ukázalo, že na rozdíl od ostatních, do té doby objevených komet neobíhá kolem Slunce, ale kolem Jupitera. Sledováním pohybu tělesa do minulosti bylo zjištěno, že kometa byla planetou zachycena z oběžné dráhy kolem Slunce začátkem 70. let 20. století, ačkoliv není možné vyloučit, že k tomuto záhytu došlo již dříve, koncem 60. let. Z výpočtů také vyplynulo, že kometa prošla velmi blízko Jupitera (okolo 40 000 km nad oblačností, což je méně než průměr planety – 70 000 km) 7. 7. 1992, tedy dostatečně blízko k tomu, aby mohla být roztrhána slapovými silami. Mnohem zajímavější se však stal fakt, že podle výpočtů se fragmenty měly srazit s Jupiterem někdy v červenci 1994. Co si vědci od této srážky slibovali? Především je zajímalo, jak se projeví náraz těles o velikosti stovek metrů až několika kilometrů (odhad velikosti původního tělesa byl něco přes 5 km) s atmosférou planety, dále vznik seismických vln, vzrůst stratosférického zákalu a případně zvětšení hmotnosti jupiterových prstenců. Protože se mělo jednat o tak zajímavý a výjimečný úkaz, byly na Jupiter zaměřeny nejen pozemské dalekohledy, ale i kosmické observatoře a sondy. Šlo především o *Hubble Space Telescope (HST)*, *ROSAT X-ray*, *Galileo*, *Ulysses* a dokonce *Voyager 2*. *HST* sledoval planetu ve viditelné oblasti spektra, *ROSAT* v rentgenové (obě z oběžné dráhy Země), *Ulysses*, jehož primárním cílem byl výzkum Slunce ze vzdálenosti 2,6 AU, *Voyager 2* ze vzdálenosti 44 AU (sledoval Jupiter v rádiové oblasti na frekvencích 1-390 kHz). *Galileo* byl tou dobou na cestě k Jupiteru, kam měl dorazit v roce 1996 a nacházel se ve vzdálenosti 1,6 AU, avšak měl tu výhodu, že mohl pozorovat přímo místo srážky v okamžiku dopadu, na rozdíl od observatoří na povrchu Země a její oběžné dráze. První fragment dopadl na jižní polokouli 16. 7. 1994 rychlostí 60 km.s⁻¹. Přístroje na sondě *Galileo* zachytily vznik ohnivé koule o teplotě 24 000 K (oproti běžným 130 K) a následně rychlé ochladnutí na 1 500 K během 40s. Výtrysk horké hmoty dosáhl výšky 3 000 km a byl pozorován nad okrajem planety z pozemských observatoří. Následovaly další dopady, po kterých zůstalo v atmosféře množství tmavých skvrn, některé byly zřetelnější než Velká rudá skvrna. Kupříkladu dopad fragmentu G vytvořil skvrnu o velikosti 12 000 km v průměru a energie uvolněná při tomto dopadu byla ekvivalentní 6 000 000 Mt TNT (což odpovídá 750 násobku síly nukleárního arzenálu všech jaderných mocností světa). Dopady způsobily vyvržení hmoty z nižších vrstev atmosféry, což umožnilo jejich chemickou analýzu, byla objevena dvouatomová molekula síry S₂, sirouhlík CS₂, amoniak NH₃, sulfan H₂S a těžké prvky jako např. železo, hořčík a křemík (pocházející však z jader komety). Kolize způsobily také obrovské seismické vlny, které se šířily rychlostí až 450 km.s⁻¹. Z dalších výsledků lze uvést vznik rádiových emisí na vlnové délce 21 cm, vzniklých výtryskem relativistických elektronů do jupiterovy magnetosféry (synchrotronové záření) [10].

Kometu *73P/Schwassmann-Wachmann* objevili F.C.A. Schwassmann a A.A. Wachmann 2. 5. 1930 v rámci programu hledání asteroidů. Její oběžná perioda byla určena na 5,36 roku a ještě v roce 1930 byl pozorován meteorický déšť spojený s touto kometou. Při návratu v roce 1990 byla poměrně jasná (9 mag) a prošla jen 0,366 AU od Země. Nejzajímavější však byl její návrat v roce 1995, kdy sice nebyly předpovídaný nijak zvlášť dobré podmínky, ale astronomové sledující kometu pomocí radioteleskopu krátce po nejmenším přiblížení v září zjistili nárůst emise v oblasti -OH skupin, poté co se kometa „vyhoupla“ ze slunečního záření, byla její jasnost určena na 8,3 mag, a ještě v říjnu byl hlášen další nárůst na 6 mag. Přestože byla stále ještě viditelná jen za soumraku a nízko nad obzorem, byla pozorovatelná pomocí binokulárních dalekohledů jako lehce difusní hvězda. Kometa jenom trochu zeslábla a 22. října znovu zjasnila na 6,3 mag. Poté již pomalu slábla až na 14. mag koncem února 1996. Další překvapení přišlo v prosinci, kdy byl hlášen rozpad jádra. Oficiálně byly zaznamenány a označeny 4 fragmenty A-D, ale fragment D nebyl později pozorován a šlo pravděpodobně jen o dočasnou kondenzaci v komě [11].

Astronom-amatér Yuji Hyakutake objevil z jižního Japonska dne 30. 1. 1996 kometu označenou *C/1996 B2 (Hyakutake)*. Po prvních výpočtech bylo zřejmé, že kometa proletí ve vzdálenosti pouhé 0,1 AU od Země, což bylo čtvrté nejtěsnější přiblížení komety za uplynulých 100 let a astronomové usuzovali, že by se díky tomu mohla stát velmi jasnou. Kometa se stala viditelnou neozbrojeným okem začátkem března 1996, kolem půlky tohoto měsíce měla již 4 mag. a ohon o délce 5°. Dne 24. března byla již jedním z nejjasnějších objektů na nočním nebi s ohonem o 35°. Při nejbližším přiblížení 25. 4. se pohybovala mezi hvězdami tak rychle, že změna polohy bylo zřetelná již během několika minut, posunula se o 0,5° za 30 min. Jasnost byla odhadována na 0 mag, průměr komy na 1,5-2°, délka ohonu na 80° a kometa měla zřetelně zelenou barvu díky silné emisi C₂. Po průchodu periheliem 1. 5. 1996 byla díky své blízkosti ke Slunci (nacházela se uvnitř dráhy Merkura) zaznamenána observatoří *SOHO* zároveň se silnou sluneční erupcí. Po průchodu periheliem rychle ztrácela na jasnosti a již konce května nebyla pozorovatelná bez dalekohledů. V kometě byl nalezen metan a etan, a to v takovém poměru, který svědčil o tom, že kometa vznikla v mezihvězdném prostoru daleko od Slunce. Dále byl zjištěn poměr mezi lehkým vodíkem a deuteriem takový, že značně zpochybnil jednu z teorií, podle které byla voda na Zemi „zavlečena“ právě kometami. Jedním z velkých překvapení byl objev rentgenové emise nalezené observatoří *ROSAT*. Toto nebylo uspokojivě vysvětleno, jednou z možností je rozptýl slunečního rentgenového záření, další možností je interakce mezi vysoce energetickými částicemi slunečního větru s materiálem komety [12].

Kometa *19P/Borrelly* by byla poměrně nezajímavým objektem, nebýt toho, že ji v rámci prodloužené mise navštívila meziplanetární sonda *Deep Space 1*. Tato sonda byla tzv. technologickou misí, jejímž hlavním účelem bylo testování nových, do té doby nevyzkoušených technologií. Takovýchto novinek bylo na palubě celkem dvanáct, nejzajímavější a asi nejdůležitější byl iontový motor, který na rozdíl od klasických chemických motorů nevyvíjí tah spalováním paliva s oxidizačním, ale urychlováním iontů (nejčastěji xenonu) elektrickým polem. Po průletu kolem asteroidu (9969) Braille byla navedena k jádru komety Borrelly. Proletěla kolem něj ve vzdálenosti 2 200 km [13].

Kometa *81P/Wild 2* byla objevena P. Wildem, které pořídil 6. a 8. 1. 1976, kometa měla kolem 14. mag, a její oběžná doba byla spočtena na 6,15 roku. Předpokládá se, že v uplynulých asi 4,5 mld. letech měla téměř kruhovou dráhu s velkým poloměrem, ale v roce 1974 prošla ve vzdálenosti pouhého 1 mil. km od Jupitera, který svou gravitací změnil její dráhu a poslal ji do vnitřních částí sluneční soustavy, její oběžná doba se tak snížila ze 40 let na již zmiňovaných cca. 6 let. Zajímavou se tato kometa stala v roce 1999, kdy k ní *NASA* vyslal kosmickou sondu jménem *Stardust*. Jedním z hlavních cílů této sondy byl těsný průlet kolem jádra komety a sběr částic, které se z něj uvolňovaly, druhým neméně zajímavým cílem, který ač se netýká komety, byl sběr mezihvězdného materiálu [14, 15]. Vzorky jak kometární tak mezihvězdné hmoty se 15. 1. 2006 vrátili v návratovém pouzdře, které přistálo v americkém státě Utah. Za krátkou zmínku stojí způsob, jakým byly vzorky „chytány“ a ukládány. K tomu bylo použito porézního materiálu zvaného aerogel, který byl ve formě obdélníků o tloušťce 1-3 cm upevněn do hliníkové mřížky, a ta byla vysunuta mimo vlastní těleso sondy [16]. Částice pohybující se velkou relativní rychlostí vůči sondě se tak do tohoto materiálu „zaryly“. Další zajímavostí jistě je zapojení laické veřejnosti do analýzy dat, resp. vyhledávání jednotlivých částic v aerogelu. Malé kousky byly vyfotografovány s pomocí mikroskopu a tyto fotografie byly poté zaslány zájemcům, kteří se tak mohli podílet na výzkumu. Ze zajímavých výsledků uveďme např. výskyt širokého spektra organických látek (dvě z nich obsahují biogenně využitelný dusík), velmi zajímavý je objev alifatických uhlovodíků s dlouhým řetězcem a naopak nebyly nalezeny hydráty křemičitanů nebo uhličitanů, což svědčí o tom, že kometa vznikala v oblasti s nedostatkem vody. Dále byly nalezeny krystalické křemičitany jako olivín, anortit a diopsid. Kromě těchto výsledků pořídila sonda množství snímků jádra [15].

Kometa *9P/Tempel 1* byla objevena E. W. L. Tempelem 3. 4. 1867 jako slabý difusní objekt o velikosti 4-5' se malou kondenzací. V době objevu měla oběžnou periodu 5,68 let, ale v roce 1881 proletěla blízko Jupitera a její perioda se prodloužila na 6,5 roku. Při dalších dvou návratech nebyla pozorována, a proto ji astronomové považovali za rozpadlou. Znovuobjevena byla o 13 oběhů později v 60. letech díky výpočtům B. G. Marsdena, který započítal vlivy Jupitera. I tato kometa byla navštívena kosmickou sondou, a to americkou *Deep Impact*. Sonda startovala 12. 1. 2005 a po 174 dnech a 429 mil. kilometrech dorazila ke kometě. Sestávala ze dvou částí: mateřského tělesa, jehož součástí byly dvě kamery – s velkým (*HRI*) pro viditelnou a infračervenou oblast spektra a středním rozlišením (*MRI*) jako zálohu pro *HRI* a pro navigaci během přiblížování. Druhou součástí byl tzv. impaktor, určený pro srážku s jádrem komety. Ten byl ze 49% tvořen mědí, aby byly vyloučeny interference s vědeckými údaji. Impaktor byl vybaven identickým zařízením s *MRI*, rovněž určeným pro navigaci během přiblížování k jádru. K nárazu došlo 4. července, během přiblížování pořídil impaktor několik detailních snímků. Výsledky jeho srážky s jádrem sledovalo detailně mateřské těleso po dobu 14 minut před vlastním přiblížením. Získaná data byla okamžitě zasílána na Zemi. Kromě mateřského tělesa sledovalo náraz velké množství pozemních observatoří, ale i kosmických: *Hubble Space Telescope*, *Chandra*, *Spitzer Space Telescope*, *XMM-Newton* a *Rosetta*. Při impaktu se uvolnilo velké množství prachu, což by mohlo znamenat, že celý povrch je pokryt velmi jemným materiálem, připomínajícím prachový sníh. Dále byly pozorována dvě odlišná skupenství vody, bylo nalezeno velké množství uhlíkatých sloučenin, na fotografiích byly překvapivě nalezeny povrchové útvary připomínající krátery (na rozdíl od jader komet *19P/Borrelly*, *81P/Wild*) [17,18].

Poslední kometou v tomto přehledu je *C/2006 P1 (McNaught)*. Objevena byla R. H. McNaughtem 7. srpna 2006. Brzy po potvrzení objevu byly určeny dráhové elementy, od srpna do listopadu prošla souhvězdími Hadonoše a Štíra s odhadovanou jasností kolem 9 mag, což je stále mimo možnosti neozbrojeného oka. V prosinci se ztratila ve sluneční záři, ale nabývala na jasnosti a již v lednu letošního roku začala být viditelná na jižní obloze v blízkosti Venuše pouhými očima Periheliem prošla 12. 1. ve vzdálenosti 0,17 AU a byla viditelná pomocí koronografu observatoře *SOHO*. Díky blízkosti Slunce měli pozorovatelé jen poměrně krátkou dobu na její sledování, a to v záři Slunce chvíli po jeho západu. Po průchodu periheliem se tak stala kometa McNaught nejjasnější po kometě Ikea-Seki z roku 1965, o které již byla řeč v souvislosti s kometou West, když dosáhla jasnosti -6,0 mag [19].

Zdroje:

- [1] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_West
- [2] Cometography. Dostupné z: <http://cometography.com/lcomets/1975v1.html>
- [3] Cometography. Dostupné z: <http://cometography.com/pcomets/001p.html>
- [4a] NSSDC. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/database/MasterCatalog?sc=1985-001A>
- [4b] NSSDC. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/database/MasterCatalog?sc=1985-073A>
- [5a] NSSDC. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/database/MasterCatalog?sc=1984-125A>
- [5b] NSSDC. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/database/MasterCatalog?sc=1984-128A>
- [6] NSSDC. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/database/MasterCatalog?sc=1978-079A>
- [7] ESA Giotto Homepage. Dostupné z: <http://sci.esa.int/science/www/object/index.cfm?fobjectid=31878>
- [8] ESA Giotto Homepage. Dostupné z: <http://sci.esa.int/science/www/object/index.cfm?fobjectid=31880>
- [9] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_Swift-Tuttle
- [10] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_Shoemaker-Levy_9
- [11] Cometography. Dostupné z: <http://cometography.com/pcomets/073p.html>
- [12] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_Hyakutake
- [13] Expresní astronomické informace. Dostupné z: <http://astro.sci.muni.cz/pub/info2001/cnn2609a.html>
- [14] Cometography. Dostupné z: <http://cometography.com/pcomets/081p.html>
- [15] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Wild_2
- [16] NASA Stardust Homepage. Dostupné z: <http://stardust.jpl.nasa.gov/mission/capsule.html>
- [17] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Impact_%28space_mission%29
- [18] NASA Deep Impact Homepage. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/mission/index.html
- [19] Wikipedia. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Comet_McNaught

Několik obrázků na závěr

