

1 Úvod

25. apríla 2000 uplynulo už 10 rokov od vypustenia Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu (Hubble Space Telescope, HST), spoločného projektu americkej NASA a Európskej kozmickej agentúry (European Space Agency, ESA). Hoci je priemer hlavného zrkadla ďalekohľadu „len“ 240 cm, teda ďaleko za súčasnými najväčšími pozemskými ďalekohľadmi, stále je Hubblov vesmírny ďalekohľad najvýkonnejším optickým prístrojom, ktorý máme k dispozícii. Jeho hlavná výhoda spočíva v tom, že je umiestnený na obežnej dráhe okolo Zeme, mimo rušivého vplyvu zemskej atmosféry, a jeho rozlišovacia schopnosť je 10-krát lepšia ako u najväčších pozemských ďalekohľadov. Pozrime sa preto na príbeh tohoto unikátneho observatória, ktoré za posledných 10 rokov výrazne ovplyvnilo náš pohľad na okolitý vesmír.

2 Úsvit a prípravy vesmírneho ďalekohľadu

Realizácia myšlienky vybudovať na obežnej dráhe okolo Zeme astronomické observatórium, nebola vôbec ľahká. V období, ktoré predchádzalo vypusteniu Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu v roku 1990 môžeme nájsť tieto míľniky:

1923: Nemecký priekopník raketovej techniky Herman Oberth uverejňuje v publikácii „Die Rakete zu den Planetenräumen“ článok, v ktorom obhajuje výhody astronomických pozorovaní vykonávaných mimo zemskú atmosféru.

1946: Americký astrofyzik Lyman Spitzer v správe „Astronomical Advantages of an Extraterrestrial Observatory“ pre firmu Douglas Aircraft prichádza s konkrétnym návrhom na konštrukciu vesmírneho observatória, jeho umiestnenia na obežnú dráhu a prevádzku.

1957: Sovietsky zväz úspešne vypúšťa Sputnik 1, prvú umelú družicu Zeme.

1958: Americký kongres ustanovuje Národný úrad pre letectvo a vesmír, známy pod skratkou NASA (National Aeronautics and Space Administration), ako civilnú vesmírnu agentúru.

1962: Boli zahájené prvé projektové práce na výrobu vesmírneho ďalekohľadu. V tomto roku skupina amerických vedcov z Národnej akadémie vied, jedným z nich bol práve Lyman Spitzer, predkladá NASA štúdiu o vývoji a význame veľkého vesmírneho ďalekohľadu, ktorý by bol prirodzeným pokračovaním výskumu vesmíru a odporúča ho ako hlavný cieľ NASA v nasledujúcom období.

1965: Opäť je pripravená podrobná zpráva o význame vesmírneho ďalekohľadu. Na rozdiel od situácie pred troch rokov už podnieti vznik komisie, ktorej úlohou je navrhnúť vedecký program pre vesmírny ďalekohľad s priemerom zrkadla asi 3 metre. Projekt vesmírneho ďalekohľadu je vyhlásený za národný projekt.

1968: NASA úspešne vypustí družicu OAO-II. Ide o malé observatórium, ktoré z obežnej dráhy okolo Zeme vykonáva astronomické pozorovania galaxií, hviezd, planét a komét po dobu 4 a pol roka.

1969: V Národnej akadémii vied je dokončená správa o konštrukcii vesmírneho ďalekohľadu, v tom čase označovaného ako „Large Space Telescope“ (LST).

1971: Národná akadémia vied vytvorí skupinu poverenú prípravou konštrukcie LST s priemerom zrkadla 3 metre.

1972: Prezident Nixon schváli projekt raketoplánu, ktorý má byť neskôr použitý pri umiestnení vesmírneho ďalekohľadu na obežnú dráhu.

1975: Európska kozmická agentúra pristupuje na účasť v projekte vesmírneho ďalekohľadu, ktorého veľkosť (priemer primárneho zrkadla) je po znížení rozpočtu na 300 mil. USD redukovaná na 2,4 metra.

- 1977: Americký kongres schváli čiastku 300 mil. USD, potrebnú pre stavbu vesmírneho ďalekohľadu. Konkurz na návrh a stavbu ďalekohľadu vyháva spoločnosť „Lockheed Missiles and Space Company“ a výrobou optických častí ďalekohľadu (primárne zrkadlo s priemerom 2,4 m, sekundárne zrkadlo a tri optické navádzacie senzory) je poverená firma Perkins-Elmer. Štart ďalekohľadu sa presúva z roku 1983 na rok 1985.
- 1979: V bazéne napustenom vodou začínajú tréningy kozmonautov s maketou ďalekohľadu. Zvolená je koncepcia, podľa ktorej bude ďalekohľad každých 5 rokov dopravený späť na Zem, opravený, inovovaný a opäť umiestnený na obežnú dráhu. Navyše každého dva a pol roka sa na servisnú misiu k ďalekohľadu vydá raketoplán. Pri tejto stratégii sa počítalo so životnosťou ďalekohľadu 15 rokov.
- 1981: Na univerzite J. Hopkinsa v Baltimore je založený „Space Telescope Science Institute“ ako riadiace stredisko vesmírneho ďalekohľadu. V tom istom roku (12. apríla) štartuje prvý raketoplán – Columbia. Na obežnej dráhe strávi 2 dni.
- 1983: Vesmírny ďalekohľad je na počesť Edwina P. Hubbla (20. 11. 1889 – 28. 9. 1953), amerického astronóma a astrofyzika, pomenovaný Hubblovým vesmírnym ďalekohľadom (Hubble Space Telescope, HST).
- 1985: Prehodnotená je koncepcia z r. 1979. Prijíma sa nová koncepcia, ktorá už nepočíta s opravou ďalekohľadu na Zemi (každých 5 rokov) a navyše je zvolený 3-ročný interval servisných misií, ktorý by mal rovnako zabezpečiť životnosť ďalekohľadu 15 rokov.
- 1986: Ďalekohľad je pripravený na vypustenie na obežnú dráhu. 28. januára pri výbuchu raketoplánu Challenger (73 sekúnd po štarte) však zahynie celá 7-členná posádka a štarty raketoplánov sú na niekoľko rokov pozastavené. Štart HST je odložený na r. 1990. Dovtedy je „zakonzervovaný“ v priestoroch firmy Lockheed, kde bolo potrebné uchovávať optické plochy ďalekohľadu v dokonalej čistote a bezprašnom prostredí. Náklady sa tým zvýšili o 250 miliónov USD a ďalších 70 miliónov stálo vylepšenie programového vybavenia ďalekohľadu.
- 1988: Obnovené sú štarty raketoplánov (29. septembra, Discovery)
- 1989: Hubblov vesmírny ďalekohľad je premiestnený z priestorov firmy Lockheed do Kennedyho vesmírneho strediska.
- 1990:
- 29. marca je ďalekohľad uložený do nákladového priestoru raketoplánu,
 - 10. apríla je všetko pripravené na štart, ale štyri minúty pred plánovaným okamihom štartu je signalizovaná porucha na jednom z čerpadiel a štart je odložený,
 - 24. apríla štartuje raketoplán Discovery (let s označením STS-31) s Hubblovým vesmírnym ďalekohľadom na palube. Raketoplán Discovery dosahuje rekordnú výšku 615 kilometrov,
 - 25. apríla o 19:39 UT (svetového času) sa ďalekohľad odpútava od kanadského manipulátora (ramena) a vydáva sa na samostatnú cestu okolo Zeme. Snaha niekoľkých generácií astronómov, zaangažovaných do vývoja a konštrukcie vesmírneho ďalekohľadu, je završená.

3 Prvých 10 rokov činnosti

Hubblov vesmírny ďalekohľad je optické observatórium s priemerom primárneho zrkadla 240 cm, sekundárneho 34 cm, celkovou dĺžkou 13,1 metra (na optický systém z toho pripadá 6 metrov) a hmotnosťou 11 600 kg. Keďže sa od ďalekohľadu očakávali aj pozorovania v ultrafialovej oblasti spektra, musel byť pri výbere odrazovej plochy zvolený kompromis. Tá je tvorená hliníkovou vrstvou o hrúbke 65 nm a vrstvičkou (25 nm) fluoridu horečnatého MgF_2 , ktorý chráni hliník

a zvyšuje odrazivosť v ultrafialovej oblasti spektra. Samotné zrkadlo je vyrobené zo špeciálneho skla ULE s prakticky nulovou tepelnou rozťažnosťou. Energiu pre vedecké prístroje dodáva dvojica zrolovateľných slnečných panelov s rozmermi $2,4 \times 6,1$ m a spoločným príkonom 4950 W. V čase, keď sa ďalekohľad nachádza v tieni Zeme, energiu pre vedecké prístroje dodáva šesť veľkých akumulátorov, niklo-vodíkových článkov. Celková spotreba sa na palube HST pohybuje v priemere okolo hodnoty 2400 W. Observatórium je umiestnené na obežnej dráhe okolo Zeme vo výške 614 km, čo mu umožňuje pozorovať okolitý vesmír nielen v optickom, ale aj v ultrafialovom a blízkom infračervenom obore spektra (celkový rozsah vlnových dĺžok, na ktorých observatórium pracuje je 115 nm až 1000 nm). Observatórium je schopné zaznamenať objekty s jasnosťou 31 magnitúd pri celkovom zornom poli s polomerom $14'$. Po konštrukčnej stránke ide o Cassegrainov ďalekohľad v usporiadaní Ritchey-Chrétien (dve hyperbolické zrkadlá, jedno konkávne a druhé konvexné, v určitej vzdialenosti od seba – u HST 4,9 m). Observatórium je stabilizované systémom šiestich silových zotrvačiek napojených na systém hviezdnej orientácie. Komunikácia s riadiacim strediskom je zabezpečená pomocou komunikačných družíc TDRS. Očakávalo sa, že pomocou HST dosiahneme 10-krát lepšieho rozlíšenia a budeme schopní pozorovať objekty 50-krát slabšie a 7-krát vzdialenejšie – v porovnaní s najvýkonnejšími pozemskými ďalekohľadmi. Predpokladom k tomu mala byť takmer dokonalá optická plocha primárneho zrkadla s odchýlkou maximálne 25 nm. Skutočnosť však bola spočiatku trochu iná.

Dva dni po umiestnení ďalekohľadu na obežnú dráhu sa diaľkovým povelenom zo Zeme (po niekoľkých neúspešných pokusoch) otvára kryt a krátko nato Hubblov vesmírny ďalekohľad začína so skúšobným pozorovaním otvorenej hviezdokopy NGC 3532. Snímky, ktoré začal posielať na Zem však zďaleka nezodpovedali očakávanej a najmä deklarovanej kvalite – vesmírny ďalekohľad sa stále nedarilo zaostriť na požadovanú kvalitu. Výsledok podrobnej analýzy týchto snímok (jún 1990) bol studenou sprchou pre všetkých zainteresovaných – najdokonalejšie astronomické observatórium za 1,5 mld. amerických dolárov trpí sférickou aberáciou! Chybou, ktorá je dôsledkom nedostatočného testovania plochy hlavného zrkadla konštruktérskou firmou. Hoci bola odchýlka plochy zrkadla od ideálnej (a požadovanej) hodnoty iba $2 \mu\text{m}$ (μm = tisícina milimetra), bolo to príliš veľa na to, aby ďalekohľad dosahoval očakávané uhlové rozlíšenie $0,1''$. Najmä NASA musela v tom čase čeliť ostrej kritike nielen odbornej verejnosti, ale aj zástupcov daňových poplatníkov, z ktorých peňazí sa projekt financoval. Keďže ďalekohľad nedosahoval očakávané kvality nebolo s ním možné pozorovať objekty, u ktorých išlo najmä o rozlišovanie detailov. V dôsledku toho sa HST zamerával najmä na pozorovanie difúzných objektov ako galaxií a plynno-prachových hmlovín. Ďalšou neprijemnou skutočnosťou, s ktorou bolo treba pri pozorovaní počítať, boli vibrácie celého ďalekohľadu pri prechode zo svetla do tieňa Zeme a naopak, po dobu niekoľkých minút. Príčinou bola veľká tepelná rozťažnosť úchytovej slnečnej plochy spôsobujúca vibrácie, ktoré nielenže úplne znemožňovali prácu s ďalekohľadom, ale navyše hrozilo poškodenie samotného ďalekohľadu. Bolo treba nájsť východisko z neradostnej situácie.

Vibrácie sa podarilo eliminovať úpravou riadiaceho programu. Optickú chybu hlavného zrkadla, kľúčového komponentu observatória, sa aspoň čiastočne darilo kompenzovať na Zemi rôznymi matematickými postupmi spracovania obrazu. Touto vadou našťastie nebola ovplyvnená činnosť spektrografov a fotometra, ktoré boli v tom čase na palube HST. Úplná eliminácia aberácie bola možná až s prvou servisnou misiou v decembri 1993. Po zvažovaní viacerých možností „opravy“ Hubblovho ďalekohľadu bolo rozhodnuté o výrobe modulu korekčnej optiky, neskôr známej pod názvom COSTAR. Jednalo sa o systém malých, presne vybrúsených zrkadiel, ktorých úlohou bolo usmerniť cestu svetelných lúčov presne na detektory vedeckých prístrojov. Jeho cena sa vyšplhala na 30 mil. USD. Medzitým, koncom novembra 1992, poslal Hubblov ďalekohľad na Zem už 10 000. snímku a jeho archív dosiahol objem 400 GB (asi 200 optických diskov).

Prvá servisná misia k Hubblovmu ďalekohľadu odštartovala 2. decembra 1993. Posádku raketoplánu Endeavour, v zložení F. S. Musgrave, R. O. Covey, J. F. Hoffman, T. D. Akers, K. C. Thorntonová a C. Nicollier, čakala dovedy najkomplikovanejšia oprava v kozmickom priestore. Okrem korekčného systému COSTAR, ktorý bol umiestnený na miesto demontovaného vysokorychlostného fotometra, bola uskutočnená výmena širokouhlejšej planetárnej kamery WF/PC za novší model WF/PC-2 s rozlišovacou schopnosťou $0,05''$. Táto nová kamera nepotrebovala „služby“ zariadenia COSTAR, nakoľko bol do nej korekčný systém zabudovaný už pri výrobe. K ďalším úlohám posádky patrila napríklad výmena slnečných panelov za nové, oprava

palubného počítača DF-224, do ktorého bol osadený nový koprocesor, výmena troch zotrvačníc a dvoch magnetometrov. Pred opravou bolo do kotúčika s priemerom 0,1" sústredených iba 15 % svetla, so systémom COSTAR to bolo plných 85 %. Jeden zo slnečných panelov sa podarilo zrolovať a dopraviť na Zem na komplexnú analýzu. Bolo na ňom nájdených celkovo 672 impaktných kráterov väčších ako 1,2 mm, ktoré boli dôsledkom zrážky s časticami medziplanetárneho priestoru alebo umelého pôvodu (kozmickej smeti). Druhý panel sa zrolovať nepodarilo a bol odhodnený do voľného priestoru. Koncom júna 1996 zhotovil ďalekohľad už stotisícú snímku v poradí.

Druhá servisná misia odštartovala 11. februára 1997. Na palube raketoplánu Discovery boli K. D. Bowersox, M. C. Lee, G. J. Harbaugh, S. A. Hawley, S. J. Horowitz, S. L. Smith a J. R. Tanner. Po odstránení dvoch spektrografov (Goddard High Resolution Spectrograph a Faint Object Spectrograph) bol nainštalovaný nový spektrograf STIS a viacúčelové zariadenie NICMOS. Rovnako bola vymenená aj nefungujúca záznamová jednotka. Posádka zdokumentovala 97 % povrchu ďalekohľadu na fotografiách a videozázname. Ich vyhodnotením bolo zistených 788 stôp po zrážkach a časticami hmoty (prirodzeného aj umelého pôvodu), pričom najväčšia z nich mala priemer 4,7 cm! Zistilo sa, že v porovnaní s obdobím do prvej servisnej misie frekvencia zrážok vzrástla na štvornásobok.

Činnosti vesmírneho ďalekohľadu sa týkal aj let raketoplánu Discovery, so štartom 29. októbra 1998. Posádka raketoplánu, v ktorej bol aj prvý americký kozmonaut John Glenn (v tom čase už vo veku 77 rokov), otestovala náhradný palubný počítač, prototyp novej veľkokapacitnej záznamovej jednotky a nový systém chladenia pre zariadenie NICMOS.

Tretia a zatiaľ posledná servisná misia odštartovala k Hubblovmu ďalekohľadu 20. decembra 1999, hoci bola pôvodne plánovaná až na polovicu roku 2000. Dôvodom bola strata orientácie ďalekohľadu v priestore. Jeho stabilizáciu totiž zabezpečuje systém silových zotrvačníc, ktorých je na palube ďalekohľadu celkovo šesť. Z nich musia byť funkčné minimálne tri zotrvačníky, aby mohol byť ďalekohľad stabilizovaný vo všetkých troch osiach. Prvé dva zotrvačníky vypovedali službu ešte v roku 1998, tretí 20. apríla 1999. Odvtedy pracovali ostávajúce zotrvačníky bez rezervy. Štvrtý prestal fungovať 13. novembra 1999 a ďalekohľad sa už nedal zamerať na cieľový objekt. Palubný počítač uviedol ďalekohľad do bezpečnostného módu, k čomu patrilo aj uzavretie krytu ďalekohľadu, aby pri náhodnej orientácii na Slnko nedošlo k poškodeniu citlivých prístrojov. V rámci servisnej misie posádka raketoplánu Discovery v zložení C. L. Brown, M. C. Foale, S. L. Smith, C. Nicollier, J. F. Clervoy a S. J. Kelly vymenila v prvom rade nefunkčné gyroskopy (zotrvačníky). Okrem toho HST dostal nový výkonnejší počítač (486-tku) a novú veľkokapacitnú záznamovú jednotku, testované už v roku 1998 na palube raketoplánu Discovery. Nasledujúca servisná misia by mala k HST zamieriť v polovici r. 2001, samozrejme za predpokladu, že sa dovtedy nič mimoriadne neudeje.

V súčasnosti na palube HST pracujú tieto vedecké prístroje:

- STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) – spektrograf slúžiaci na štúdium chemického zloženia, teplôt, radiálnych a rotačných rýchlostí a magnetických polí skúmaných objektov. Prístroj je schopný snímať vlnové dĺžky v rozsahu 115 nm (ultrafialová oblasť) až 1000 nm (blízka infračervená). STIS pozostáva z dvoch detektorov na krátke vlnové dĺžky a CCD detektora na strednú a dlhovlnnú oblasť spektra. Zorné polia jednotlivých detektorov majú rozmery 25" až 50".
- NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) – zariadenie schopné snímať okolitý vesmír na vlnových dĺžkach 800 nm až 2500 nm (infračervená oblasť spektra). Keďže ide o tepelné žiarenie musia byť detektory tohoto zariadenia udržiavané na veľmi nízkej teplote – na chladenie sa používa tekutý dusík.
- WF/PC-2 (Wide Field and Planetary Camera) – širokouhlá planetárna kamera s uhlovým rozlíšením 0,05", ktorá v r. 1993 nahradila staršiu WF/PC-1. Ide o kľúčový prístroj na palube HST, poskytujúci zábery známe aj širokej verejnosti. Na rozdiel od ostatných prístrojov je uložená radiálne k optickej osi.

- FOC (Faint Object Camera) – vysokocitlivá kamera vyrobená Európskou kozmickou agentúrou, pracujúca na princípe fotonásobiča (zosilnenie až 100 tisíc krát) v rozsahu vlnových dĺžok 115 až 650 nm. Objekty jasnejšie ako 21. magnitúda musia byť pozorované cez filter, aby nedošlo k zahľteniu citlivého detektora. Kamera umožňuje použitie troch rôznych svetelností: 1:48, 1:96 a 1:288 pri veľkosti zorného poľa 22", 11" a 3,6". Pri svetelnosti 1:288 je možné dosiahnuť neuveriteľné uhlové rozlíšenie 0,007". Do výbavy kamery patrí 44 rôznych filtrov, polarizátorov a hranolov.
- COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) nie je vedeckým prístrojom ale korekčným systémom eliminujúcim vplyv nesprávneho tvaru hlavného zrkadla. V súčasnosti už tento systém potrebuje iba kamera FOC, ostatné prístroje majú vlastné korekčné systémy zabudované pri výrobe. Po odstránení kamery FOC už nebude potrebný ani systém COSTAR.

Jedným z kľúčových systémov je aj trojica senzorov gyroskopov (FGS, Fine Guidance Sensors) zabezpečujúca stabilizáciu ďalekohľadu v priestore a navádzanie na zvolené astronomické ciele. Každý senzor má tvar pásu v tvare štvŕkruhu, o šírke 4 oblúkové minúty. Sensory sa okrem stabilizácie observatória dajú použiť aj na fotometriu hviezd s jasnosťami od 4-tej do 17-tej mag (pri presnosti asi 1%), alebo na relatívnu astrometriu (určovanie polôh hviezd) s presnosťou 0,003" – používa sa na meranie paraláx.

Na prenos údajov z Hubblovho ďalekohľadu, rovnako ako príkazov z riadiaceho strediska, sú využívané komunikačné družice TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) a príjmacie stredisko White Sands v Novom Mexiku. Dáta môžu byť odvysielané na Zem okamžite, alebo uložené v pamäti na palube HST (maximálne však 24 hodín).

4 Prínos HST

Pozrime sa teraz na prínos Hubblovho ďalekohľadu z hľadiska rozšírenia našich poznatkov o okolitom vesmíre. Je veľmi ťažké vybrať najzaujímavejší, najhodnotnejší alebo inak najvýznamnejší objav v 10-ročnej ére Hubblovho ďalekohľadu – za tento čas snímkoval asi 14 tisíc objektov blízkeho aj vzdialeného vesmíru a poskytol nám viac ako 330 tisíc snímok. Spomeňme preto aspoň niektoré objavy a pozorovania, ktoré zásadnejším spôsobom prispeli k zmene nášho pohľadu na okolitý vesmír.

Oblasť „pôsobnosti“ Hubblovho ďalekohľadu je veľmi široká: od Mesiaca, cez planéty a ostatné telesá Slnecnej sústavy až ku galaxiám, kvazarom a iným exotickým objektom na samom okraji pozorovateľného vesmíru. Spomeňme napríklad sledovanie počasia na Venuši, pieskových búrok na Marse, polárnych žiar na Jupiteri a Saturne, oblakov na Uráne a Neptúne, alebo detailov na mesiacoch Titán a Io. V r. 1995 sme vďaka HST mohli sledovať miznutie prstencov Saturna a odhadnúť ich hrúbku na pár desiatok metrov. Hubblov ďalekohľad sa zameral tiež na štúdium menších telies Slnecnej sústavy – asteroidov a komét. Priamym sledovaním určil napr. presné rozmery planétky Vesta a v r. 1994 sledoval dopad kométy Shoemaker-Levy 9 na Jupiter. O mimoriadnosti tohoto úkazu svedčí skutočnosť, že podľa dnešných znalostí dochádza ku zrážkam komét s Jupiterom iba raz za tisíc rokov.

Zo štúdiá jednotlivých hviezd spomeňme napríklad obriu hviezdu Betelgeuze so súhvezdia Orión. Nielen že sa ju podarilo pozorovať ako kotúčik, navyše na jej povrchu HST rozlíšil horúcu škvrnu s veľkosťou 10-krát väčšou ako Zem a teplotou o 2 000 stupňov vyššou ako okolie. Rovnako pozorovanie hviezdíčky Gemingy, neutrónovej hviezdy 25. magnitúdy, ako pozostatku po dávnej supernove v súhvezdí Blížencov prinieslo cenné výsledky.

Nesmieme zabudnúť ani na prínos HST v oblasti vzniku a vývoja hviezd. Jednými z najpôsobivejších snímok boli určite obrázky „stĺpov stvorenia“ v známej hmlovine M 16 (Orlia hmlovina) v súhvezdí Hada, kde môžeme na vlastné oči sledovať zrod nových hviezd. Dôležité informácie zo života hviezd poskytli aj zábery protoplanetárnych prachových diskov okolo mladých hviezd v súhvezdí Orión a Býk, či okolo hviezdy beta Pictoris, kde už možno predpokladať prítomnosť vznikajúcej planetárnej sústavy. Pomocou zariadenia NICMOS bola v súhvezdí Strelca (v tzv. Pištoľovej hmlovine) objavená doteraz najsvietivejšia hviezda s výkonom rádovo 10^6 svetivosti Slnka. Nachádza sa vo vzdialenosti 25 tisíc svetelných rokov a počas troch sekúnd vyžiari do

okolitého priestoru rovnaké množstvo energie ako naše Slnko za celý rok. Pomocou Hubblovho ďalekohľadu môžeme sledovať hromadnú tvorbu nových hviezd spôsobenú interakciami medzi hviezdneho materiálu (napr. pri kolízii dvoch galaxií alebo rázovej vlny po výbuchu supernovy s oblakom medzihviezdnej hmoty).

Spomeňme tiež unikátne výsledky získané v priebehu 10 rokov pri pozorovaní rozpínajúcej sa obálky ako pozostatku po výbuchu supernovy 1987A vo Veľkom Magelanovom oblaku, novy v Labuti (N1992 Cygni), či rozpínajúcu sa obálku okolo hviezdy η Carinae. Rovnako fascinujúce boli aj snímky najrôznejších planetárnych hmlovín a vďaka vynikajúcemu uhlovému rozlíšeniu bolo možné získať cenné údaje z najhustejších častí guľových hviezdokôp, rovnako ako informácie o hviezdokopách v blízkych galaxiách.

Hubblou ďalekohľad sa samozrejme venoval aj takým exotickým objektom akými sú nepochybne čierne diery a kvazary. Na základe jeho zistení dnes môžeme takmer s určitosťou povedať, že v centre každej väčšej galaxie sa nachádza supermasívna čierna diera, zásobovaná okolitým materiálom, ktorý po špirále dopadá na jej povrch. Dôkazom sú prstence horúceho plynu, krúžiace okolo centrálnej čiernej diery, pozorované v mnohých galaxiách. Výpočty na základe pozorovaní z Hubblovho ďalekohľadu ukazujú, že hmotnosti týchto „žalárov svetla“ sú v rozmedzí 10^6 až 10^9 hmotností Slnka. Dôležitou bola aj identifikácia vzdialenej galaxie, z ktorej prišiel vysokoenergetický záblesk gama-žiarenia s označením GRB 971214. Podobne pri niektorých ďalších dosvitoch gama-zábleskov sa podarilo pozorovať vzdialenú materskú galaxiu a potvrdiť tak kozmologické vzdialenosti týchto javov.

Zásadnou úlohou Hubblovho ďalekohľadu bolo aj zpresnenie tzv. Hubblovej konštanty na základe pozorovania vzdialených cefeíd (napr. v kope galaxií v Panne). Súčasná hodnota Hubblovej konštanty je 70 km/s/Mpc (s chybou 10 %), čo zodpovedá veku vesmíru približne 12 mld. rokov.

V neposlednom rade treba spomenúť aj famóznou snímku z decembra 1995 s názvom „Hubble Deep Field“, pomocou ktorej sme na samotnom okraji pozorovateľného vesmíru zahliadli objekty z doby, keď mal vesmír iba 1/10 dnešného veku. Cieľom Hubblovho ďalekohľadu sa stala oblasť vo Veľkej Medvedici, v ktorej sme dovtedy nepozorovali žiaden objekt jasnejší ako 20. magnitúda ani tými najvýkonnejšími pozemskými prístrojmi. Po sérii expozícií (v štyroch rôznych filtroch) s celkovou dĺžkou 100 hodín sa v zornom poli kamery WFPC (t. j. na ploche 4 štvorcových minút) zviditeľnilo na 3 000 vzdialených galaxií. V októbri 1998 sa „hlboká snímka“ zopakovala aj na južnej oblohe (pole v súhvezdí Tukana). Celková expozícia bola 125 hodín a do experimentu sa zapojili aj nové prístroje STIS a NICMOS. Ak by sa týmto spôsobom prehliadla celá obloha boli by sme schopní pozorovať asi 125 mld. Galaxií. Problém je ale v tom, že by sme na to potrebovali okolo 900 tisíc rokov.

Je toho naozaj veľa a zoznam zaujímavých objektov by mohol a mal byť oveľa dlhší. Dôležité však bolo aspoň priblížiť vedecký prínos Hubblovho ďalekohľadu za prvých 10 rokov jeho existencie. Z prvenstiev, ktoré sa mu podarilo dosiahnuť spomeňme napríklad:

- zistenie, že galaxie vo väčších vzdialenostiach sú výrazne menšie,
- poodhalil rýchlosť formovania hviezd v ranných štádiách vesmíru,
- objavil mladé, masívne zhľuky hviezd vznikajúce pri zrážkach galaxií,
- zistil, že svetlo kvazarov je absorbované vzdialenými galaxiami,
- určil presnú vzdialenosť premenných hviezd (cefeíd) v kope galaxií v Panne,
- odhalil výtrysky hmoty z akréčných diskov okolo mladých hviezd.

V októbri 1998 vznikol v riadiacom stredisku Hubblovho ďalekohľadu nový internetový projekt s názvom „Hubblovo dedičstvo“ (Hubble Heritage Project). Cieľom tohoto projektu je každý mesiac priniesť širokej verejnosti jednu zaujímavú a poučnú snímku z Hubblovho ďalekohľadu, názorne ukazujúcu schopnosti tohoto výnimočného observatória a zároveň predstavujúcu krásy vesmíru. Z času na čas prebehne konkurz, v ktorom je širokej verejnosti poskytnutá možnosť zúčastniť sa na výbere objektov pre Hubblou ďalekohľad. Musí ísť o objekt, ktorý ešte nebol pozorovaný pomocou HST. Uzávierka posledného kola podávania návrhov bola 6. júna 2000.

Objem údajov, ktoré nám Hubblov ďalekohľad priniesol za prvých 10 rokov dokumentujú nasledujúce čísla:

- bolo získaných 330 tisíc snímok viac ako 14 tisíc objektov okolitého vesmíru,
- objem dát presiahol 3,5 TB (1 TB = 10^{12} B),
- každý deň prijme riadiace stredisko 3 až 5 GB dát z Hubblovho ďalekohľadu,
- na základe výsledkov z HST bolo publikovaných viac ako 2500 odborných článkov a prác.

5 Budúcnosť HST a ďalšie vesmírne observatóriá

Hoci bola pôvodná životnosť Hubblovho ďalekohľadu naplánovaná na 15 rokov, dnes je isté, že ďalekohľad zostane v prevádzke po dobu 20 rokov, teda do roku 2010. Pri štvrtej servisnej misii, naplánovanej na rok 2003, bude Hubblov ďalekohľad vybavený doteraz najvýkonnejšími vedeckými prístrojmi. Na palubu HST postupne pribudnú prístroje:

- v r. 2001 výkonná kamera ACS (Advanced Camera for Surveys),
- v r. 2003 bude širokohlá a planetárna kamera WF/PC-2 nahradená výkonnejším modelom širokohlnej kamery WFC3 a pribudne aj spektrograf COS (Cosmic Origin Spectrograph). Tento ultrafialový spektrograf nahradí systém COSTAR, ktorý už v tom čase nebude potrebný.

Druhé desaťročie činnosti Hubblovho ďalekohľadu bude trochu odlišné od prvej dekády v tom, že na obežnej dráhe okolo Zeme už budú ďalšie dve výkonné astronomické observatóriá: röntgenová družica Chandra a infračervený ďalekohľad s názvom „Space Infrared Telescope Facility“. Dva roky pred ukončením činnosti HST by mal byť na obežnú dráhu okolo Zeme umiestnený jeho nasledovník – vesmírny ďalekohľad ďalšej generácie (Next Generation Space Telescope, NGST).

A plneniu akých úloh by mal tento nový prístroj, s priemerom hlavného zrkadla 8 metrov, vyhovovať? Zamerať by sa mal na výzkum vzniku a vývoja galaxií a hľadanie planét zemského typu okolo blízkych hviezd. Optimalizovaný bude na pozorovanie najmä v infračervenej oblasti spektra. Uvažuje sa o jeho spojení s veľkým pozemským ďalekohľadom, s ktorým by vytvoril interferometer so základňou až 1,5 mil. km. Pritom predbežné náklady sa zatiaľ odhadujú len na 500 mil. amerických dolárov. Nebolo však ešte rozhodnuté, či hlavné zrkadlo bude monolitom, ako je to v súčasnosti u Hubblovho ďalekohľadu, alebo bude zložené z viacerých segmentov. Tiež je otáznym umiestnenie ďalekohľadu. Do úvahy prichádza buď vysoká obežná dráha, alebo Lagrangeov bod L_2 , teda bod (smerom od Slnka), v ktorom sú gravitačné sily Slnka a Zeme v rovnováhe. Všetci sa však zhodujú na dátume vypustenia tohoto nového vesmírneho observatória v r. 2007.

V poslednej dobe sa však objavil aj iný spôsob „upgradu“ Hubbľa – zachovanie súčasného observatória aj po roku 2010 avšak so zásadnými úpravami. Tou najväčšou by malo byť nové zrkadlo s priemerom 8 metrov. Hoci sa odhadované náklady pohybujú na úrovni nižšej ako polovica rozpočtu potrebného na stavbu NGST, kvôli určitým rizikám a obmedzeniam spojeným s prestavbou, nemá myšlienka zatiaľ veľkú podporu. Pracovný názov tohto „projektu“ je HST10×.

6 Odporúčaná „literatúra“

Tento článok vznikol najmä na základe informácií získaných zo siete Internet, preto uvádzam niekoľko adries, z ktorých som pri príprave čerpal alebo sú inak zaujímavé ako ďalší zdroj informácií o Hubblovom ďalekohľade a projektoch s ním súvisiacich:

Space Telescope Science Institute – domovská stránka inštitútu povereného riadením HST (množstvo informácií o činnosti ďalekohľadu a najnovšie obrázky): <http://www.stsci.edu>

Hubble Heritage Project – domovská stránka projektu Hubblovho dedičstva (každý mesiac zaujímavá snímka získaná pomocou HST): <http://heritage.stsci.edu>

Hubble Site – stránka vytvorená pri príležitosti 10. výročia Hubblovho ďalekohľadu (prehľad posledných 10 rokov s ukázkou najzaujímavejších obrázkov): <http://hubble.stsci.edu>

The Telescope – jednoduchá stránka o Hubblovom ďalekohľade s obrázkami:
<http://newmedia.slc.edu/~alex/thetelescope.html>

Seriál „Sága kosmického ďalekohľadu“ na stránkach Instantných astronomických novín (č. 235 – 244) a informácie v č. 271 a 282: <http://www.ian.cz>

Alešova encyklopédia kozmonautiky – obsahla encyklopédia pilotovaných aj nepilotovaných letov, pravidelne aktualizovaná: <http://www.mus.cz/~ales/>

Publikácia „Oko za 1,5 miliardy dolárov“ – podrobné informácie o prípravách a osude HST do roku 1991, Petr Velfel, AMF servis, 1991

Mgr. Peter Kušnirák
peter@asu.cas.cz