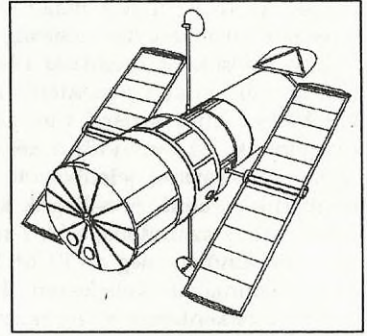


Szervizben az Ūrtávcső

Napjaink talán legjobb távcsövét, a Hubble Ūrteleszkópot 1997. februárjában ismét űrhajósok keresték fel. A látogatás célja nem „egy kis észlelés” volt, hanem a HST több fontos műszerének kicserélése és az egész teleszkóp szervizelése. Cikkünkben az ekkor beépített újabb műszerekkel elért eredményeket is bemutatjuk — a teljesség igénye nélkül.



A NASA szakemberei már a HST tervezésekor számítottak a felmerülő problémákra. Bizonyára sokan emlékeznek az 1993-as nagyjavításra, amikor a főtükör szférikus aberrációját egy korrekciós tag (COSTAR) behelyezésével ellensúlyozták (l. Meteor 1994/4., 2. o.). A következő szerviz 1997-ben volt esedékes, így február 8. és 19. között a Discovery űrrepülőgép teljes programját a HST-nek szentelte.

A HST-t a megközelítés után robotkarral ragadták meg, majd rögzítették az űrrepülőgéphez. A rögzítő szerkezet egyben az űrhajósok szerelőpultjaként is szolgált. A Discovery rakterében számos új műszer várakozott, közülük két nagyteljesítményű detektor a legfontosabb. Az egyik a NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) infravörös kamera és spektrométer, mely egyszerre több objektumot is megfigyelhet; a másik az STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) spektrográf. Az újítások révén a megfigyelhető színképtartomány a közeli infravörössel egészült ki. A NICMOS, amely 2,5 mikrométeres hullámhosszig észlel, főleg a csillagkeletkezés és a távoli galaxisok vizsgálatához fontos. A berendezések behelyezése természetesen nem volt egyszerű. A HST-t ehhez előbb meg kellett szabadítani számos műszerétől, többek között a Goddard nagy felbontóképességű spektrográfort is el kellett távolítani átmenetileg. Akár egy kerécszerénél, a Discovery rakteréből egyenként kikerültek az új berendezések, majd pedig a HST-ből kiszertelt régebbi eszközök az űrrepülőgép rakterébe, végül pedig a Földre jutottak. A szervizelést az elektronikai berendezések sem úszták meg. Kicserélték többek között a napelemtáblák helyzetét szabályozó egységet, a HST pozícionálását segítő egyik magnetométer pedig új borítást kapott. Az adatrögzítő berendezést szintén kicserélték, mely a korábnál nagyobb kapacitása révén egyszerre képes a NICMOS, az STIS és a nagy látószögű bolygókamera (WFPC-2) detektorok adatait rögzíteni. A Discovery 11 napos repülésekor eredetileg 4 hosszú űrsétát terveztek, azonban egy ötödikre is szükség volt. Kiderült ugyanis, hogy a HST borítása több helyen megsérült. Bár a szakemberek minden eshetőségre felkészültek, a kár mérete meglepte őket. Így az asztronauták drótok, fémfóliák, ejtőernyő zsinórok stb. segítségével foltolták meg az Ūrteleszkópot. Szerencse, hogy még egy ilyen drága műszerhez sem szükséges a precíziós külső borítás.

Az Ūrteleszkóp keringési magassága az 1993-as javítás óta mintegy 30 km-rel csökkent, a felsőlégkör fékező hatása miatt. Mivel a naptevékenység a következő években erősödni, a fékező hatás pedig nőni fog, magasabb pályára állították a HST-t. Persze ez sem volt egyszerű. Az Ūrteleszkóp napelemeinek ugyanis nem tenne jót, ha a Discovery fő hajtóművét használta volna a manőver során. A magasabb pályára így csak apránként, több szakaszban, a kisebb tolóerejű hajtóművekkel lehetett felemel-

kedni. Az új keringési magasság 600 km, ami remélhetőleg elég lesz az 1999-re tervezett harmadik szervizelésig.

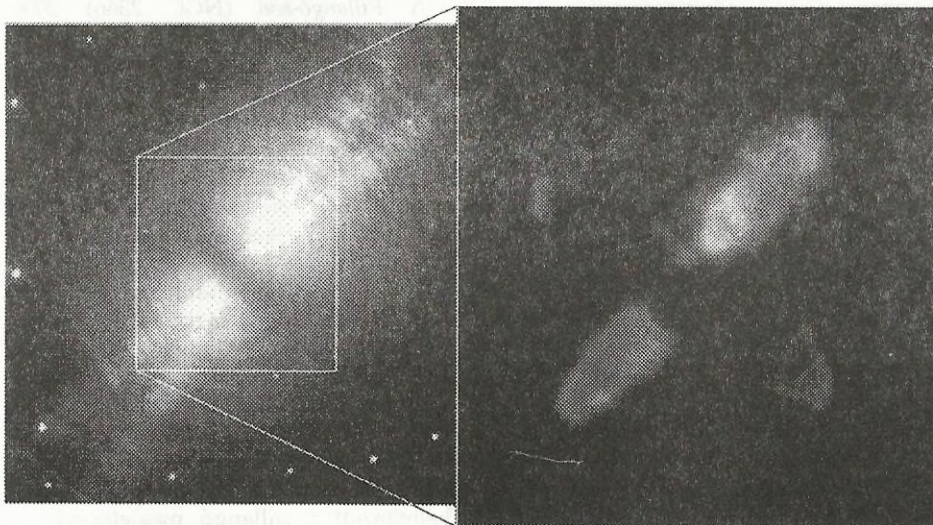
Az űrhajósok 1997. február 19-én hagyták magára a HST-t. Mint azt már megszokhattuk, két héttel a visszatérés után újabb probléma jelentkezett. Kiderült, hogy a NICMOS-t hűtő szilárd nitrogén kétszer olyan gyorsan szublimál, mint ahogy számították. Ez lerövidíti a készülék élettartamát — a fő baj azonban a NICMOS egyik kamerájánál jelentkezett. Míg két kamera tökéletes képet adott, addig a harmadik élelten. A csillagok képei itt $0,7''$ átmérőűek voltak. Ez a Földön kitűnő felbontásnak számítana, a HST-nek azonban sokkal jobbat kellene nyújtania. A hiba oka valószínűleg még a NICMOS-t építő Bell Aerospace Technologies Corporation laboratóriumában keletkezett. Miután a szilárd nitrogén hűtő a helyére került, tovább csökkentették a szerkezet hőmérsékletét, majd visszamelegítették a tervezett 58 K-es üzemelési szintre. A módszer célja eredetileg a hűtőrendszer élettartamának növelése volt. Azonban a párolgó nitrogén a tartály egyik végében összegyűlt, majd a felbocsátás után a vártnál jobban kitérte magát. Az így támadó feszültség az egyik kamerára tartószerkezetét enyhén deformálta, és ettől lett élelten a kép. Elképzelhető, hogy a helyzet javulni fog, ha a nitrogén kb. egyharmada elfogy, erre azonban még jó ideig várni kell...

Közvetlenül a javítás után közöltek néhányat az új műszerekkel készült felvételekből. A NICMOS segítségével sikerült galaxisunk talán legnagyobb tömegű csillaga körüli ködösséget megörökíteni. A *Pisztoly-csillag* és a hozzá kapcsolódó *Pisztoly-köd* 25 ezer fényéves távolságban, a Sagittarius csillagkép irányában található. Energiakibocsátása mintegy 10 milliószorosa a Napénak, mindössze 6 másodperc alatt sugároz ki annyi energiát, mint Napunk egy év során. Ha a Nap helyére kerülne, felszíne a földpályánál húzódná. Igen fiatal, 1–3 millió éves objektum lehet, keletkezése idején kb. 200 naptömegű lehetett. Az ilyen óriási tömegű csillagok élete rövid, ám annál változatosabb. Erős anyagvesztés révén folyamatosan csökken tömegük. A *Pisztoly-köd*t közel 10 naptömegnyi gáz alkotja, mely egy 4–6 ezer évvel ezelőtti kitöréskor vált el a csillagtól. A heves aktivitás révén az égítést idővel elvesztheti külső részeit, és felszínre kerülhet 100 ezer fokos magja. Az anyagvesztés valószínűleg nem lesz elég ahhoz, hogy a csillagot megóvja végzetétől: 1–3 millió év múlva szupernóvaként lángol majd fel. A *Pisztoly-csillag* óriási energiakibocsátása ellenére sem látszik vizuálisan, mivel sűrű csillagközi felhők takarják. Ha szabadon rálátnánk, akkor a nagy távolság ellenére $+4^m$ -s csillagként fénylene egünkön. (A *Pisztoly-köd*ről készült felvétel a Meteor csillagászati évkönyv 1998 képmellékletében látható).

A *kék vándorok* (blue stragglers) ugyancsak titokzatos, forró csillagok, melyeket a legújabb megfigyelések szerint a gyors tengelyforgás jellemez. Első képviselőiket Alan Sandage találta az M3 gömbhalmazban, 45 évvel ezelőtt. A gömbhalmazok idős csillagai között igen feltűnőek ezek a fiatal objektumok, főként a halmazok belső, sűrűbb régióiban mutatkoznak. A HST FOS (Faint Object Spectrograph) spektrográfia segítségével a 47 Tucanae gömbhalmaz egyik kék vándorát vették szemügyre a szakemberek. Az objektum tömege a megfigyelések alapján 1,7 naptömegnek adódott, ilyen szempontból átlagosnak mondható. Tengelyforgási sebessége azonban 2–3-szorosa a hozzá hasonló csillagokénak. A kék vándorok az elméletek szerint két kisebb csillag összeolvadásával keletkeznek. Az egyik elmélet szerint két, egymástól független csillag ütközik az űrben, a találkozás hatalmas energiafelszabadulása vörös óriássá duzzasztja a kialakult csillagot. Itt azonban nem

lesz feltétlenül gyors pörgésű az égitest. A felfúvódáskor külső rétegei elvesztésével egyben perdületet is veszíthet, emellett az ütköző égitestek találkozási iránya is véletlen. A gyors tengelyforgás magyarázatára inkább egy szoros kettős rendszerből érdemes kiindulni, ezt támasztja alá a HST új megfigyelése is. Itt a két csillag lassan egymásba spirálozik. Keringésük mozgási energiája a kialakuló égitest gyors tengelyforgásában jelenik meg.

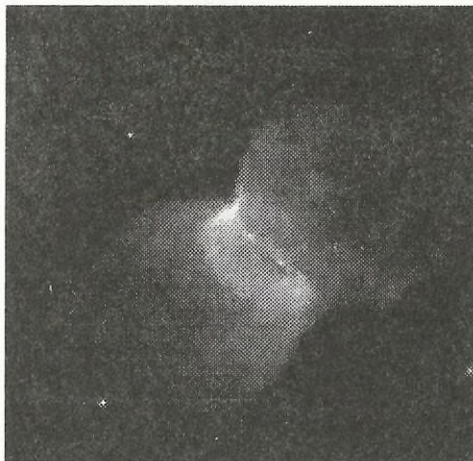
Az Űrteleszkóppal egy *magányos neutroncsillag* méretét is próbálták megbecsülni a kutatók. A Corona Australis csillagkép irányában látható objektumot erős röntgensugárzása alapján 1992-ben, a ROSAT műholddal fedezték fel. A vizuális tartományban azonban nem sikerült a nyomára akadni. 1996 októberében a HST WFPC-2 kamerája egy 25^m-s égitestet talált a röntgenforrás pozíciójától mindössze 2 ívmásodpercre. Ebben az irányban, az objektum „mögött” egy kiterjedt molekula-felhő található. A kérdéses égitest ennél közelebb, maximum 400 fényév távolságra van. A HST szín- és fényesség-, valamint a ROSAT és az EUVE röntgen mérései alapján megbecsülték különböző jellemzőit. Legerősebben a röntgentartományban sugároz, felszíni hőmérséklete 660 ezer fok lehet. Egy ilyen forró égitest, mely maximum 400 fényévre van tőlünk, de csak 25 magnitúdós, sokkal kisebb lehet egy fehér törpénél, valószínűleg egy magányos neutroncsillag. Átmérőjére felső határként 28 km-t kaptak, ami jól egyezik az elméleti előrejelzésekkel.



A Tojás-köd (bővebben I. a szövegben)

A HST planetáris köd képei szintén érdekes jelenségekről tanúskodnak. Jelenleg mintegy 1500 planetáris ködöt ismerünk a Tejútrendszerben, valódi számuk ennek közel tízszerese lehet. A ködök alakját különböző sebességű és sűrűségű ütköző csillagszelek alakítják ki, melyek vizsgálatával a csillagok életének korábbi, észrevehetetlen anyagáramlásai is tanulmányozhatók. Egy felfúvódó vörös óriás eleinte lassú csillagszéllel veszít anyagot, az áramlás sebessége ekkor 10 km/s körüli. A jelenséget valószínűleg a sugárnyomás és a pulzációs instabilitás váltja ki. Az anyagvesztés az egyenlítői vidéken az erősebb, előbb egy az egyenlítővel párhuzamos gyűrű, majd

torz ellipszoid jön létre. Ezzel az áramlással néhány 100 ezer év alatt a légkör nagy részét elvesztheti a csillag. Amikor a felszínre kerül a csillag forró, belső része, feltámad a gyors, 2000–4000 km/s-os csillagszél. A csillag néhány ezer év alatt vált át a lassú, sűrű csillagszélről a ritka, gyors áramlásra. Ez a gyors szél adja meg a planetáris köd végső formáját. A lassúról a gyors csillagszélre váltás időszakában jelennek meg a rövid életű protoplanetáris ködök. Ezek legismertebb képviselője a Cygnus csillagképben 3000 fényév távolságban található Tojás-köd (CRL 2688) (l. még Meteor 1995/7–8., 18. o., 1996/7–8., 10. o.). Bal oldalt a WFPC–2 kamera felvétele, jobbra a NICMOS infravörös fotója látható. A lassú és a gyors áramlás találkozásakor lökéshullámfront keletkezik, az anyag összenyomódik. A fehér törpévé vált csillag erős sugárzása ionizálja az anyagot, ekkor lesz látható a köd. Mivel korábban az egyenlítői síkban áramlott ki több anyag, itt jobban lelassul a gyors csillagszél, és ettől aszimmetrikus lesz a képződmény. Mindezek mellett a kísérők — az esetleges barna törpék, de még a Jupiter tömegű bolygók is — erősen befolyásolják a lassú szél kiterjedését és a planetáris köd alakját. A ködök centrumából jenek is kiindulnak, melyek meglepően keskenyek és gyengén ionizáltak lehetnek. Így a Szaturnusz-ködhöz (NGC 7009) hasonló alak keletkezhet. Mindezek mellett a felfúvódás során több anyagkidobási epizód lép fel, így többszörös halók övezik a képződményt.



A Pillangó-köd (NGC 2346)

A Pillangó-köd (NGC 2346) 2000 fényév távolságra található, a Monoceros csillagkép irányában. Centrumában egy kettőscsillag található, melynek komponensei 16 naponta kerülnek meg egymást (a központi csillag fényességváltozásai amatőr távcsövekkel is nyomon követhetők, ezért az MCSE Változócsillag Szakcsoport programjában is szerepel). A 0,3 fényév átmérőjű felhőt az egyik, felfúvódott égitest hozta létre. A vörös óriás fázisban bekebelezte társát, és közös burok alakult ki körülöttük. A kirepülő gáz mozgását a társ gravitációs hatása befolyásolta, így egy sűrű korong mentén „spricelt szét” az anyag. A gyors csillagszél erre merőlegesen tudott kirepülni, így keletkezett a pillangó megjelenésű, a

valóságban súlyzó alakú (bipoláris) ködösség.

A Pillangó-ködhöz hasonló az Ophiuchus csillagkép irányában, 2100 fényévre található M2-9 jelű bipoláris ködösség. A HST rövid expozíciós idejű felvételén a képződmény közepén egy korong látható, melynek átmérője kb. 10-szerese a Plútó pályájának. Ennek belsejében egy szoros kettőscsillag van. Az egyik objektumról ledobott anyag a másik gravitációs „segítségé” révén korongot formál. A távolabbra jutó anyag erősebb kiáramlással hozza létre a 300–400 km/s-nál gyorsabban táguló ködösséget (l. hátsó borítónkat).

Az új műszerek a Tejútrendszeren kívüli térség vizsgálatában is kitűnően vizsgáltak. Napjainkban sok galaxis centrumában sikerült hatalmas, központi fekete lyukra

utaló jeleket találni. Szinte minden nagyobb csillagváros rendelkezik ilyen központi égitesttel. Külön érdekesség, hogy a szupernehéz fekete lyukak tömege az adott galaxiséval arányos, növekedésük a csillagvárosok keletkezéséhez, fejlődéséhez kapcsolódhat. Elképzelhető, hogy a nagyobb galaxisban több anyag juthat a központi objektumba, amely így nagyobbra nőhet. Egy másik elmélet alapján a galaxisok — legalább is anyaguk egy része — ősi, gömbhalmazszerű építőelemekből állt össze (l. Meteor 1996/11., 12. o.). Ezek — szintén tisztázatlan okokból — saját központi fekete lyukakkal rendelkeztek, melyek végül egyetlen fekete lyukká olvadtak. Az újabb megfigyelések szerint az NGC 3379-ben (M 105) 50 millió, az NGC 3377-ben 100 millió naptömegnyi központi fekete lyuk lehet. Az 50 millió fényévre található NGC 4486B centruma 500 millió, az M84 300 millió naptömegnyi fekete lyukat rejt.

Név	Típus	Távolság (millió fé.)	Luminozitás ($10^{10} L_{\odot}$)	Fekete Lyuk tömege ($10^6 M_{\odot}$)
Tejútrendszer	Sbc	0,028	1,9	2
M31 (NGC 224)	Sb	2,3	5,2	30
M32 (NGC 221)	E2	2,3	0,25	3
NGC 3115	S0	27	14,2	2
NGC 4258	Sbc	24	1,3	40
NGC 4261	E2	90	33	400
M87 (NGC 4486)	E0	50	56	3000
M 104 (NGC 4594)	Sa	30	47	1000
NGC 3377	E5	32	5,2	100
M 105 (NGC 3379)	E1	32	13	50
NGC 4486B	E0	50	0,82	500

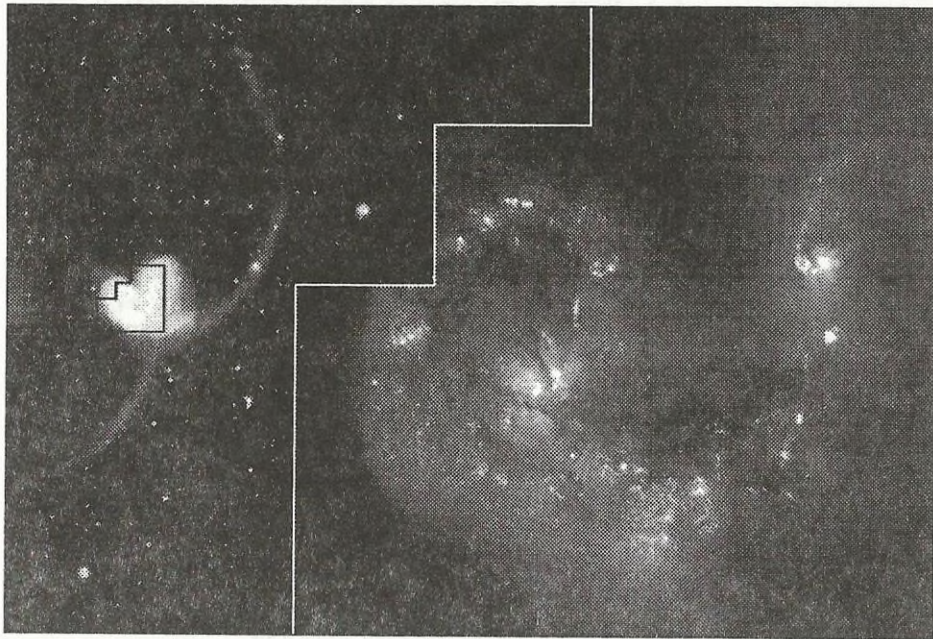
Központi fekete lyukkal rendelkező galaxisok

A galaxisok közötti kölcsönhatásra jó példával szolgál az Antenna nevű kettős csillagváros, melynek két tagja már részben egymásba olvadt. Az ütközés során összenyomódó csillagközi anyagból óriási halmazok születnek, melyek a HST felvételein jól láthatók.

Az Arp 220 jelű galaxis a fentihez hasonló rendszer, itt a két csillagváros már jobban egymásba olvadt. A Serpens csillagkép irányában, 250 millió fényév távolságban található objektum két spirális galaxis összegabalyodásával keletkezett. A félhold alakú képződmény lehet az egyik csillagváros magja, mely kb. egymilliárd csillagot tartalmaz. Valódi alakja a gömbhöz áll közel, azonban egy kiterjedt porfelhő eltakarja a felét. Ettől balra látható a másik galaxis központjának maradványa. A két mag távolsága 1200 fényév, jelenleg egymás körül keringenek, idővel elképzelhető, hogy összeolvadnak.

Bár a HST csodákra képes, egy kis segítség azért nem árt neki. 1996-ban egy nemzetközi csillagász csoportnak sikerült minden korábban ismert galaxisnál távolabbi csillagvárost megörökítenie. Az Űrteleszkópot egy „természetes távcső”, gravitációs lencse-jelenség segítette a felfedezésben. A lencsehatást egy 3–5 milliárd fényév távol lévő galaxishalmazt váltotta ki, az Ursa Maior csillagkép irányában. Vékony, vöröses írvé torzulva látszik a még távolabbi csillagváros felerősített képe. Elnyúlt alakjában apró csomók is felismerhetők, melyek fiatal halmazok lehetnek. Bár mérete a Tejútrendszerünkhöz közeli, energiakibocsátása tízszer akkora. Vöröses színét az intergalaktikus felhők okozzák, melyek a kék felé eső hullámhosszt kiszűrtek fényéből. Sikerült a csillagvárosban lévő gázanyag mozgási sebességére is

következtetni. Jellemző a 200 km/s körüli sebesség, amely valószínűleg szupernóva-robbanások kilökte gázyagtól származhat. Vöröseltolódása $z = 4,92$ -nek adódott,



Az Antenna-galaxisok (NGC 4038 és NGC 4039) földi távcsővel készült fotón (balra) és a Hubble Űrteleszkóp felvételén (jobbra). Jól láthatók az ütközés következtében létrejött csillagkeletkezési területek

tehát fénye az Ősrobbanás után kevesebb mint egymilliárd évvel indult el felénk. A felfedezéssel ismét kitolódott a „távolsági határ”. A korábbi rekorder galaxis vöröseltolódása „mindössze” 4,41 volt. Az új csillagváros a kvazárokat is megelőzte, az eddigi legtávolabbi PC1247+34 jelű kvazár vöröseltolódása 4,90.

KERESZTURI ÁKOS

Közgyűlés!

Idei közgyűlésünket **március 28-án** (szombaton) tartjuk **Budaörsön**, a **Jókai Mór Művelődési Központban**, **10 órai kezdettel**. Az egész napos rendezvényen beszámolókat tartunk az MCSE munkájáról, valamint csillagászati előadásokat hallgathatunk. A programot csillagászati kiállítás és **asztrobörze** színesíti. Minden érdeklődőt szeretettel várunk!

Felkérjük szakcsoportjainkat és helyi csoportjainkat, hogy — a rendelkezésre álló idő jobb kihasználása érdekében — munkájukról posztereken (tablókon) számoljanak be, ill. beszámolójukat írásban juttassák el a titkárságnak. A poszterek a közgyűlés tartama alatt bemutatásra kerülnek.

A közgyűlés részletesebb programját következő számunkban közöljük.