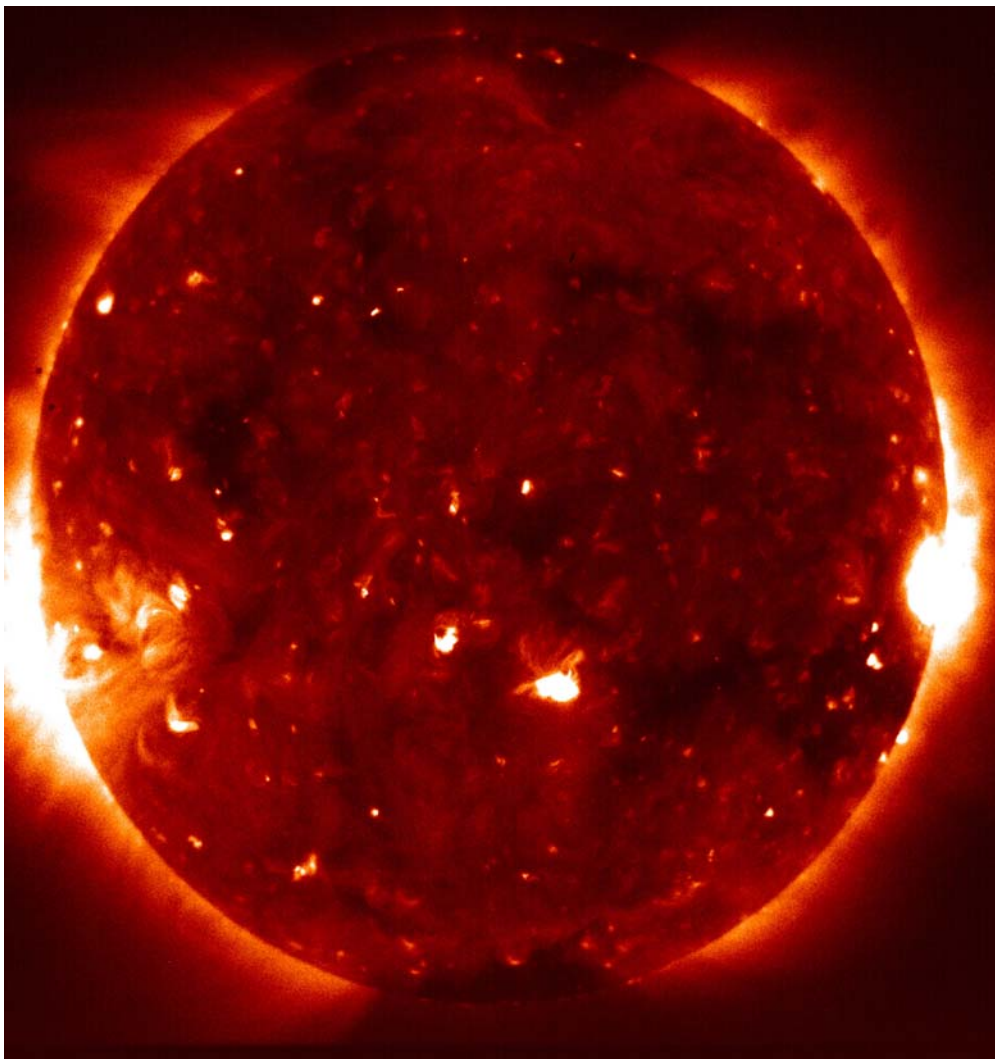


**ŰRTAN ÉVKÖNYV az
űrkorszak ötvenedik évében**

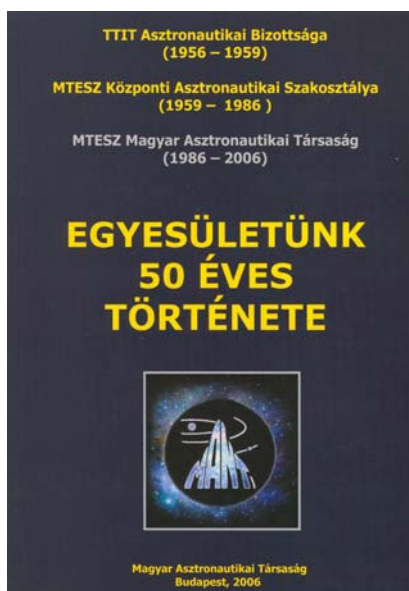


Az Asztronautikai Tájékoztató 58. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



2006. december 8-án a Jövő Házában ünnepi közgyűlésen köszöntöttük az első hazai űrkutatási szakmai szervezet, az Asztronautikai Bizottság megalakulásának ötvenedik évfordulóját. (Fotó: Trupka Zoltán)



Erre az alkalomra készült el Horvai Ferenc szerkesztésében az egyesületünk 50 éves történetét feldolgozó kötet első része.

Címlap: A napkorona a 2006-ban felbocsátott japán Hinode (SOLAR-B) műhold röntgentávcsövének 2006. október 28-ai felvételén.
(Kép: Hinode JAXA/ NASA/PPARC)

ŰRTAN Évkönyv az űrkorszak ötvenedik évében

Az Asztronautikai Tájékoztató 58. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Magyar Asztronautikai Társaság

ÚRTAN Évkönyv
az űrkorszak ötvenedik évében

Asztronautikai Tájékoztató
58. szám

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság, Budapest
kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 500 példányban

Előszó

A Magyar Asztronautikai Társaság – ha kicsit megkésve is – 2007-ben sem mond le az *ÚRTAN Évkönyv* megjelentetéséről. Annál is inkább, mert ebben az évben ünnepeltük az űrkorszak kezdetének 50. évfordulóját. A Szputnyik–1 1957. október 4-ei felbocsátásának évfordulója előtt és után világszerte és hazánkban is sokhelyütt megemlékeztek a jeles alkalomról, rendezvényekkel, könyvek kiadásával, újságcikkekkel és műsorokkal. Ez a jubileum alkalmat adott számunkra, hogy azt tegyük, amit mások általában nem: összegyűjtsük az elmúlt fél évszázad legfontosabb történéseit, s néhány szempontból számadatokkal jellemezzük az űrkutatás, az űrtevékenység fejlődését. Bízunk benne, hogy az itt közölt adatok, információk évek múlva is hasznosak lesznek a téma iránt érdeklődők számára.

Természetesen az idei Évkönyvben is összefoglaljuk a világ és hazánk űrkutatásának előző, 2006. évi emlékezetes eseményeit. Szokás szerint röviden beszámolunk Társaságunk rendezvényeiről, s közöljük a diákok számára kiírt űrkutatási esszépályázatunk középiskolás győzteseinek – a legjobb helyezést elért lánynak és fiúnak – a dolgozatát is.

Reméljük, hogy tagtársaink érdeklődéssel és meglelégedéssel fogadják kiadványunkat! Terveink szerint a 2007. évről is megemlékezünk majd Évkönyvünk következő kötetében.

Budapest, 2007. december

A szerkesztő

ÚRNAPTÁR – az űrkorszak történetének főbb eseményei (1957–2007)

Összeállította: Dr. Horváth András

1957. június Megjelent „**Az űrhajózás**” c. első magyar könyv a mesterséges holdakról és lehetséges hasznosításukról. Szerzők: Almár Iván, Aujeszky László, Galla Emil, Nagy István György, Sinka József.

1957. augusztus 21. és szeptember 7. A fejlesztés alatt álló tyuratami (ma Bajkonur) rakétabázisról sikeresen indították a szovjet **R-7** jelű interkontinentális rakétát. A május 15-i, június 11-i és július 12-i startok nem voltak sikeresek.

1957. október 4. Megkezdődött az űrkorszak: a Szovjetunió Bajkonur űrbázisáról, a kétfokozatú **R-7**, illetve **Szputnyik** hordozórakétával elindították az első mesterséges holdat, a **Szputnyik-1**-et, Szergej **Koroljov** (1907-1966) főkonstruktor irányításával. A 83,6 kg-os, 58 cm átmérőjű **Szputnyik-1**-et 220-940 km magasságú pályára állították. 92 napos keringés után a légkörben elégett.

1957. november 3. A **Szputnyik-2** fedélzetén már egy élőlény, **Lajka** kutya is Föld körüli pályára jutott Bajkonurból a kétfokozatú **R-7** hordozórakéta segítségével. Az életfenntartó és a műszertartályok össztömege 508 kg volt. A **Szputnyik-2** és a rakéta harmadik fokozata 210-1660 km magasságú pályán repült.

1957. december 6. Az első amerikai műhold, a **Vanguard** indítása Cape Canaveral katonai űrbázisról robbanással végződött.

1957. december Budapesten az *akadémiai Csillagvizsgáló Intézetben megkezdődtek az optikai műholdmegfigyelések* a Szovjetunióból ajándékba kapott **AT-1** nagylátószögű, kisméretű és gyorsan mozgatható távcsövekkel. Magyarországon **Baján, Miskolcon és Szombathelyen működtek hasonló műholdmegfigyelő állomások a hatvanas-hetvenes években. A hetvenes évek végén nyitották meg a FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium műholdmegfigyelő-helyet és kutatóközpontot (lásd 1976. november 26.).**

1958. február 1. Az első USA műhold, az **Explorer-1** sikeres indítása a Cape Canaveral fokon lévő katonai bázisról (amerikai helyi időben a start dátuma 1958. január 31.) a Wernher **von Braun** (1912-1977) által fejlesztett **Jupiter C** rakétával. A 15 cm átmérőjű, 14 kg-os hold 356-2548 km magasságú pályán repült. Az **Explorer-1** méréseiből fedezték fel a Föld sugárzási övezeteit, a Van Allen-öveget.

1958. május 15. Indították az első szovjet komplex geofizikai kutatóholdat az 1,3 tonnás **Szputnyik-3**-at Bajkonurból **R-7** hordozórakétával. Feladata a felsőlégkör, a sugárzási övezetek és az elektromágneses viszonyok vizsgálata volt. 220-1860 km magasságú pályán 692 napos repülés után a légkörben elégett.

1958. október 1. Megalakult a **NASA** (National Aeronautics and Space Administration) az amerikai Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Igazgatóság. Az Egyesült Államok központi, állami repülési és űrrepülési irányító szervezete, a világ egyik legfontosabb asztronautikai intézménye. A NASA feladatköre a földi légkör, a Földet környező térség és a világűr tudományos vizsgálata, a légi közlekedési eszközök, valamint az űreszközök fejlesztése, új űrhajózási hordozórendszerek kialakítása, a békés célú repülés és űrhajózás eredményei távlati hasznosításának vizsgálata, a repülésben és az űrhajózásban érdekelt állami szervek, ipari és egyéb cégek, valamint tudományos intézmények tevékenységének koordinálása, az Egyesült Államok más országokkal való együttműködésének megszervezése a repülésügyben és az asztronautikában.

A fejlesztési munkákra a NASA kutatóközpontokat létesített. Legfontosabbak (zárójelben eredeti feladatuk): Ames (alap kutatás tudományos űreszköz fejlesztés), Edwards indító- és leszállóhely (repülőeszköz fejlesztés), Goddard irányítóközpont (űreszközök pályakövetése), Pasadena (Jet Propulsion Laboratory, JPL, Hold- és bolygószondák irányítása), Johnson (űrhajók, űrállomások fejlesztése, űrhajósok kiválasztása, kiképzése és a repülés irányítása), Kennedy űrrepülőtér (űreszközök szerelése indítása és az űrrepülőgépek leszállítása), Langley (repüléstechnikai eszközök fejlesztése), Lewis (rakétahajtóművek fejlesztése), Marshall (nagy hordozórakéták fejlesztése, távlati tervek kidolgozása), Wallops Island starthely (tudományos űreszközök indítása).

1958. december 18. Az amerikai **SCORE**, első híradástechnikai holdként két hétig vett és magnóról sugározott vissza üzeneteket a Földre.

1959. Az ENSZ Közgyűlése megalapította a **COPUOS**-t (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, a Világűr békés felhasználásának bizottsága), röviden Világűrbizottságot, amely jelentős szerepet játszik az ENSZ űrtvékenységgel kapcsolatos munkájában és a világűrjognak a kodifikálásában. A COPUOS két állandó albizottságot (Tudományos és Technikai és Jogi Albizottság) és egy titkárságot (Világűriroda, OOSA) működtet. Utóbbi feladata az ENSZ űrkutatási témájú határozatainak, döntéseinek gondozása, kiemelten elősegítése annak, hogy a fejlődő országok minél szélesebb körben felhasználhassák az űrtechnika eredményeit. Figyelemmel kíséri az űrkutatással, űrtechnikával és alkalmazásaival kapcsolatos jogi, tudományos és technikai fejlődést, valamint az űrobjektumok lajstromozását, hogy ezekről információt adhasson a tagállamoknak és a nemzetközi szervezeteknek. Magyarország is tagja a COPUOS-nak.

1959. január 2. A Szovjetunióból a háromfokozatú R-7 (Vosztok) hordozórakétával elindították a 362 kg-os **Luna-1**-et, amely január 4-én kb. 5000 km-rel elrepülve a Hold mellett a Naprendszer első mesterséges bolygója lett. (A 287 tonna induló tömegű Vosztok hordozórakéta alacsony, 200 km magasságú Föld körüli pályára 4,5 tonna terhet volt képes felszállítani.)

1959. február 28. Az első poláris pályájú műhold, az amerikai **Discoverer-1** megkezdte keringését a Föld körül 163-968 km magasságú pályán. A katonai Discoverer-sorozat műszaki és felderítési feladatokat látott el, összesen 26 holdat küldtek pályára.

1959. április 9. Washingtoni sajtókonferencián mutatták be az április 2-án kiválasztott, első hét **amerikai űrhajósjelöltet** a Mercury (MR) űrhajón való repülésre. A jelöltek Gordon Cooper (1963), Virgil Grissom (1961), Donald Slayton (1975), Scott Carpenter (1962), Alan Shepard (1961), Walter Schirra (1962), John Glenn (1962).

Az első amerikai űrhajósjelölt-csoportból Slayton egészségi okok miatt nem vett részt Mercury-repülésben, de az első, 1975-ös amerikai-szovjet közös űrrepülésre (ASTP) engedélyezték űrutazását. A többiek mind résztvettek a Mercury repüléseken (első űrrepüléseik, illetve *űrgrásuk* évét a nevek után zárójelben adtuk meg).

1959. szeptember 14. A szovjet **Luna-2** holdszonda kétnapos repülés után becsapódott a Holdba. A 390 kg-os Luna-2-t szeptember 12-én indították Bajkonurból a háromfokozatú R-7 (Vosztok) hordozórakétával.

1959. október 4. Elindult a **Luna-3**, amely először fényképezte le a Holdnak a Földről nem látható, túlsó oldalát. A Bajkonurból, háromfokozatú R-7 (Vosztok) hordozórakétával startoló 278 kg-os Luna-3 október 6-án mintegy 6200 km-re közelítette meg a Holdat miközben 47 ezer-470 ezer km közötti elnyúlt pályán keringett, a Föld körül.

1960. március 7. A Szovjetunióban megalakították a hat főből álló űrhajós-tanuló csoportot. A csoport tagjai: Valerij **Bikovszkij** (1963, 1976, 1978), Jurij **Gagarin** (1961), Grigorij **Nyeljubov**, Andriján **Nyikolajev** (1962, 1970), Pavel **Popovics** (1962, 1974), German **Tyitov** (1961). 1961. január 25-én a hat tanulót űrhajósjelöltté léptették elő az első Vosztok-űrrepülésre. Nyeljubovot a katonai és űrhajós fegyelem megsértése miatt 1963-ban kizárták a csoportból. A többi űrhajósjelölt a későbbiek során mind végrehajtott űrrepülést (űrutazásaik évét a nevek után zárójelben adtuk meg).

1960. április 1. Felbocsátották az első meteorológiai műholdat, az amerikai **TIROS-1**-et. A földi felhőzetről tv-képeket és infravörös méréseket készített. Három hónap alatt mintegy 23000 felvételt küldött a Földről. 1960-1966 között 13 ilyen meteorológiai holdat indítottak Thor-Able, majd Thor-Delta hordozórakétával.

1960. április 13. Föld körüli pályára indították az első kísérleti navigációs műholdat, az amerikai haditengerészeti **Transit-1B**-t. A katonai hold helyzetbemérő jeleket sugárzott a flotta hajóinak és tengeralattjáróinak. 1976-ig legalább 20 hold került pályára, a rendszert a nyolcvanas években cserélték le.

1960. május 24. Felbocsátották az első infravörös felderítő műholdat, az amerikai **MIDAS-2-t**. A katonai hold feladata a korai rakétaindítások felismerése a hajtóműből kiáramló gázsugár erős infravörös sugárzásának alapján. Az Agena fokozattal egybeépített MIDAS-t Atlas-Agena hordozórakétával indították, tömege 2,2 tonna. 1960-1963 között összesen hat kísérleti példánya állt pályára.

1960. augusztus 12. Felbocsátották az első passzív távközlési műholdat, a 30 méter átmérőjű amerikai ballonholdat, az **Echo-1-et**.

1960. augusztus 19. Sikeresen visszatért a **Discoverer-14** műhold kapszulája, amelyet egy C-119-es repülőgép a levegőben elkap.

1960. augusztus 20. Egynapos űrutazás után első ízben tértek vissza élőlények, Bjelka és Sztrelka kutyák Föld körüli pályáról, a második **Szputnyik-űrhajón**, amely a Vosztok űrhajó egyik sikeres próbája volt.

1960. október 4. Felbocsátották az első aktív távközlési műholdat, az amerikai **Courier-1B-t**.

1961. január 31. Negyedórás szuborbitális repülés (űrugrás) után sikeresen visszatért a **Ham** nevű csimpánz a **Mercury MR-2** űrhajón. Az űrhajót indító Redstone hordozórakéta Cape Canaveral fokról startolt és 249 km-es magasságig jutatta az űrkabint, amely 676 km távolságban ért vizet.

1961. február 12. Elindult az első Vénusz-szonda a 643 kg-os szovjet **Venyera-1**. A rádiókapcsolat megszakadása miatt a Vénusz vizsgálata sikertelen volt.

1961. április 12. Megkezdődött az ember űrutazása. A 4,7 tonnás **Vosztok** űrhajó fedélzetén a szovjet Jurij A. **Gagarin** (1934-1968) az első űrhajós Föld körüli pályán. Egy keringés után tért vissza a földre a leszálló űrhajóból katapultálva. Gagarin repülését még öt Vosztok útja követte 1963-mal bezárólag.

1961. május 5. Negyedórás űrugrást (szuborbitális repülést) hajtott végre a **Mercury MR-3**, Freedom 7 űrhajón az amerikai Alan B. Shepard. A Cape Canaveralról Redstone hordozórakétával indított, 15 perc 22 másodpercig tartó repülésen Shepard 184 km magasságig jutott. A vizetérés az Atlanti-óceánon 483 km távolságban történt.

1961. május 25. Az Egyesült Államok elnöke, John Kennedy kongresszusi beszédében bejelentette: „ebben az évtizedben embert juttatunk fel a Holdra”. Ez volt az amerikai **Apollo Hold-expedíciós program** hivatalos kezdete.

1961. július 12. Szolgálatba állt a rakétaindításokat jelző, első korai riasztó műhold, az amerikai **MIDAS-3**. 1961 és 1963 között összesen hat kísérleti példánya állt 3000-3500 km magasságú Föld körüli pályára. Mivel a MIDAS-holdak megfigyeléseit a felhők zavarták, az amerikai hadsereg később még magasabban, 36000 km-en keringő, szinkronpályás műholdak használatára tért át.

1961. augusztus 6. German **Tyitov** szovjet űrhajós a **Vosztok-2** kabinjában már egynapos Föld körüli repülést hajtott végre.

1961. október 27. A **Saturn-1** rakéta első próbaútja Cape Canaveralról. Kilenc perces sikeres repülés után zuhant az Atlanti-óceánba.

1961. november 29. Az **Enos** nevű majmot a **Mercury-5** űrhajón, két Föld körüli keringés után épségben leszállították. Az űrhajót próbarepülésre Atlas D hordozórakétával indították Cape Canaveralról.

1961. december 12. A Discoverer-36-tal együtt felbocsátották az első rádióamatőr műholdat, az **Oscar-1-et**.

1962. február 16. A Szovjetunióban létrehozták az első, ötfőnyi **szovjet női űrhajós csoportot**. A csoport tagjai: Valentyina **Tyereskova**, Zsana Jorkina-Szergejcsik, Valentyina Ponomarjova, Irina Szolovjeva és Tatyjana Kuznyecova. Közülük csak Tyereskova járt az űrben, 1963 júniusában.

1962. február 20. A **Mercury MA-6**, Friendship 7 űrhajó fedélzetén John H. **Glenn** az első amerikai űrhajós, aki Föld körüli pályán űrrepülést hajtott végre. Az Atlas D hordozórakétával Cape Canaveralról indított űrhajó 4 óra 55 perces űrrepülés után az Atlanti-óceánra ereszkedett le.

1962. március 7. Elindult az **OSO–1** napfizikai műhold. Az amerikai OSO (Orbital Solar Observatory, Keringő Nap-Obszervatórium) sorozat tagjai, az OSO–8-ig (1975. június 21.) bezárólag nagyon sikeres Nap-megfigyeléseket végeztek több, mint egy 11 éves napaktivitási cikluson keresztül. Segítségükkel sikerült felfedezni a koronalyukakat és kidolgozni a napaktivitás előrejelzésének módszereit. Az OSO-k tömege a kezdeti 200 kg-ról 1000 kg fölé nőtt.

1962. március 16. A **Kozmosz-sorozat** nyitánya: Föld körüli pályára állt az orosz Kozmosz–1 műhold. A szovjetek ebben a sorozatban indították kísérleti, katonai műholdjaikat és a nem működő holdak is Kozmosz-jelzést kaptak.

1962. április 26. Amerikai hordozórakéta vitte pályára az első angol műholdat, az ionoszférakutató **Ariel–1**-et.

1962. április 26. Bajkonur Kozmodromról startolt az első **Zenyit–2** szovjet katonai fotófelderítő kísérleti műhold Kozmosz–4 jelzéssel. 1963-ig tíz űrrepülésben próbálták ki a háromkamerás holdat és 1964. március 10-től adták át a Zenyit–2 holdakat katonai felhasználásra.

1962. április 29. Visszatért a világűrbe az első, a nukleáris robbantásokat érzékelő szovjet katonai műhold, a **Kozmosz–4**.

1962. július 10. Felbocsátották az amerikai **Telstar–1** távközlési műholdat, amely első ízben közvetített televíziós képeket az Egyesült Államokból Angliába és vissza.

1962. augusztus 14. Páros űrrepülés folyamán először közelítette meg egymást két űrhajó, a szovjet **Vosztok–3** és a **Vosztok–4**. A Vosztok–3 Andrijan Nyikolajevvel a fedélzetén 1962. augusztus. 11-15. között repült Föld körüli pályán, míg a Vosztok-4 Pavel Popovics űrhajóssal augusztus 12-15. között járt a világűrben.

1962. szeptember 29. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első kanadai műholdat, az ionoszférát kutató **Alouette–1**-et.

1962. november 1. Bajkonurból elindult az első sikeresen startoló Mars-szonda, a szovjet **Marsz–1**. A kapcsolat megszakadása miatt eredménytelen volt a Mars kutatása.

1962. december 14. Vénusz-közelben sikeres méréseket hajtott végre az amerikai **Mariner–2** űrszonda. Az adatokból a bolygó felszínére nagy nyomást (kb. 100 atmosféra) és igen magas hőmérsékletet (kb. 430°C) határoztak meg. Ezek az első űrszondás mérések bolygósomszédunkról. A 203 kg-os Mariner–2-t Atlas-Agena B hordozórakétával Cape Canaveral-ról indították 1962. augusztus 27-én.

1963. június 16. Először repült nő a világűrbe: a **Vosztok–6** fedélzetén a szovjet Valentyina V. **Tyereskova**, akit egy ötfőnyi űrhajósnak kiképzett női csoportból választottak ki. Társai sohasem jutottak Föld körüli pályára, nem engedték őket űrrepülni. Tyereskovával párhuzamosan repült a Vosztok–5 űrhajóval V. Bikovszkij, aki június 14-én indult Föld körüli pályára és Tyereskova után két keringéssel június 19-én tért vissza a földre.

1963. július 26. Felbocsátották az első szinkronpályás, a Föld felszínétől 36 ezer km magasságban keringő távközlési műholdat, az amerikai **Syncom–2**-t. Egyenlítői pályát nem sikerült létrehozni, mert a Syncom-2 pályahajlása 33°-os volt. A Syncom–3-at 1964 augusztusában már sikerült egyenlítői geoszinkron pályára juttatni.

1963. augusztus 22. Az amerikai **X-15** kísérleti repülőgéppel 108 km-es magasságot ért el Joseph Walker pilóta.

1963. október 17. Megkezdte szolgálatát az atomrobbantások gammasugárzását észlelő amerikai műholdsorozat első ikerpárosa, a **Vela–1** és **–2**. Katonai megfigyeléseik mellett ezek észlelték először a világűrbe, csillagászati objektumok felől érkező gammasugár-felvillanásokat (-kitöréseket).

1963. november 1. Föld körüli pályára állt a szovjet **Poljot–1**, az első manőverező, azaz nagy pályaváltoztatásokat végrehajtó műhold.

1963. december 13. A Szovjetunióból felbocsátották az első kísérleti meteorológiai műholdat, a **Kozmosz–23**-at.

1964. január 30. A Szovjetunióból felbocsátották az első műholdpárost, az **Elektron–1**-et és **–2**-t, a Van Allen-övezet tanulmányozására.

1964. február 29. Megalakult az **ELDO** (European Launcher Development Organisation, Európai Hordozórakéta Fejlesztő Szervezet). A fejlettebb (nyugat-)európai országok és Ausztrália álltak össze az Europa hordozórakéta kifejlesztésére. Ausztrália Woomerában az indítóhellyel járult hozzá az együttműködéshez. Az Europa-1 rakétával (lásd 1968. november 30.) végzett kezdeti tucatnyi sikertelen kísérlet után ennek a rakétának abbahagyták a fejlesztését, és az ELDO beleolvadt az ESA-ba (lásd 1975. május 31.).

1964. március 20. Tíz nyugat-európai ország megalakította az **ESRO**-t (European Space Research Organisation, Európai Űrkutató Szervezet). Az ESRO fennállása során hét sikeres műholdat hozott létre, amelyeket amerikai hordozórakéták állítottak pályára. Ezek az ESRO-2B (Iris), ESRO-1A (Aurorae), HEOS-1 (1968-ban); ESRO-1B (Boreas, 1969-ben); HEOS-2, TD-1A és ESRO-4 (1972-ben). A kis, 80-160 kg tömegű holdak a felsőléggör és a sugárzási övezetek vizsgálatával foglalkoztak. Az ESRO beleolvadt az ESA-ba (lásd 1975. május 31.).

1964. július 28. Az amerikai **Ranger-7**-et Atlas-Agena rakéta indította a Hold felé a Wallops szigeti starthelyről. Július 31-ig, mielőtt becsapódott volna a **Holdba**, 4308 felvételt sugárzott a Földre. Testvérszondái közül a Ranger-8 1965. február 20-án csapódott be a Hold felszínébe és addig 7137 tv-képet közvetített, míg a Ranger-9 1965. március 24-ei becsapódásáig 5814 képet küldött.

1964. augusztus 28. Felbocsátották a **Nimbus-1** amerikai meteorológiai műholdat. Az első start csak félsiker volt, túl alacsonyra és elliptikusra (423-933 km) sikerült a pálya. A sorozat következő hat tagja már 1000 km magasságú nap-szinkron poláris pályán keringett. A Nimbus-1 tömege 377 kg volt, ez a legutolsó, 1978. okt. 24-én indított Nimbus-7-nél már 987 kg-ra nőtt.

1964. szeptember 5. Föld körüli pályára állították az első geofizikai holdat, az amerikai **OGO-1**-et.

1964. október 12-13. Bajkonur űrbázisról indult és egy napot repült az első többszemélyes űrhajó, a szovjet **Voszhod-1**. A személyzet: V. M. Komarov parancsnok, K. P. Feoktyiszov tudományos munkatárs és B. B. Jegorov űrhajós-orvos volt.

1964. december 15. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első olasz műholdat, a légkörkutató **San Marco-1**-et.

1965. február 16. Az amerikai **Pegasus-1** indulása. Az Apollo program során, Saturn-1 hordozórakéták kipróbálásának keretében indították a Pegasus sorozat három műholdját (május 25-én, illetve július 30-án). A másfél tonna tömegű műholdak hatalmas, 210 m² felületű szárnyakat bontottak ki az 500-700 km közötti magasságú keringési pályán a mikrometeorit becsapódások észlelésére. A mérési adatok alapján a veszély nem bizonyult jelentősnek.

1965. március 18-19. A szovjet **Voszhod-2-ről** Alekszej **Leonov** végrehajtotta az első űrsétát az űrhajóra szerelt, szétnyitható és felfújható zszipkamrából. Társa, Pavel Beljajev az űrkabinban maradt. A műszaki hiba miatti kézi irányítású fékezés következtében a leszállás Kazahsztán helyett az Ural térségében történt. Az űrhajósokat a kereső-mentő szolgálat csak két nap múlva találta meg.

1965. március 23. Virgil Grissom és John Young sikeresen repülte be az első kétszemélyes amerikai űrhajót, a **Gemini-3**-at. Az űrhajót Titan-2 hordozórakéta indította Cape Canaveralról.

1965. április 6. Felbocsátották az első, geostacionárius pályán keringő kereskedelmi célú műholdat az amerikai **Early Bird**-öt (Intelsat-1).

1965. április 23. Az első szovjet civil távközlési műholdat, a **Molnyija-1**-et igen elnyúlt (538-39300 km magasságú) elliptikus pályára állították.

1965. június 3-7. Az első amerikai (kb. 21 perces) űrsétát Edward H. **White** hajtotta végre a **Gemini-4** űrhajóból. Űrhajós társa James McDivitt a kabinban maradt.

1965. július 14. Az amerikai **Mariner-4** űrszonda először közvetített közelképeket (21 db) a **Marsról**. Az űrszondát 1964. november 28-án indították Cape Canaveralról Atlas-Agena B hordozórakétával és mintegy 9200 km távolságban repült el a Mars felszíne felett. A 261 kg tömegű Mariner-4 szondán egy televíziós kamerát, a töltött részecskéket mérő Geiger-Müller számlálót, a galaktikus kozmikus sugárzást detektáló ionizációs

kamrát, egy magnetométert és egy mikrometeorit-érzékelőt helyeztek el. A szonda képei krátereket mutattak a Marson, „marscsatornáknak” nyomát sem látták, a mérések pedig azt jelezték, hogy a ritka légkör szén-dioxidból áll, a felszíni nyomás kb. 10 mbar és a bolygónak nincs, illetve igen gyenge a mágneses tere.

1965. november 26. Saját fejlesztésű **Diamant-A** hordozórakétával elindult az első francia kísérleti műhold, az **Asterix (A-1)**.

1965. december 15. Két amerikai űrhajó, a **Gemini-7** és **-6** mintegy 30 cm-nyire közelítette meg egymást. A **Gemini-7** Frank Borman és James Lovell űrhajósokkal december 4-18. között, a Gemini-6 pedig Walter Schirra és Thomas Stafford asztronautákkal december 15-16. között repült.

1965. december 16. Elindították az első, a Nap körül, a bolygóközi térben keringő napszél-kutató űrszondát. Az amerikai **Pioneer-6** Cape Canaveralról Delta hordozórakétával startolt, a szonda a bolygóközi mágneses teret, a kozmikus sugárzást és a Naptól induló plazmát, a napszelet vizsgálta. 1997. október 6-ig működött.

A testvérszondák a **Pioneer-7** (1966-1995), a **Pioneer-8** (1967-1996) és a **Pioneer-9** (1968-1983) másfél, illetve két évtizeden keresztül működtek, és folyamatosan méréseket közvetítettek a napszél tulajdonságairól az interplanetáris térben.

1966. február 3. A szovjet **Luna-9** holdszonda rakétás fékezéssel, két felfújt ballonban simán leszállt a Hold felszínére, és a **ballonok** leválasztása után elkészítette az első helyszíni panorama-felvételeket. Ez volt az első sikeres sima leszállás a Hold felszínére. A Luna-9 Bajkonurból startolt 1966. január 31-én.

1966. február 22. Megkezdődött az első szovjet bioszputnyik, a **Kozmosz-110** három hétig tartó űrrepülése. (Az eredeti tervek szerint Voszhod-3 űrhajóként a két kutya helyett űrhajósok repültek volna 3 hetes útra.)

1966. március 1. Első űrszondaként a szovjet **Venyera-3** becsapódott a Vénusz légkörébe. Leszálló egysége a nagy légköri nyomás miatt talajtérés előtt összeroppant. A 960 kg-os űrszondát 1965. november 16-án indították Bajkonurból a háromfokozatú Szojuz hordozórakétával.

1966. március 16. A **Gemini-8** amerikai űrhajó, az első űrbéli összekapcsolási művelet közben hibásan működő kormányfúvócsöve miatt végrehajtotta az első kényszer-leszállást. A Neil Armstrong és David Scott által vezetett űrhajó sikeresen végrehajtotta a dokkolást az Agena fokozattal. Az összekapcsolás után a rendszer a Gemini-8 váratlanul bekapcsolódó segédtrakétája miatt erősen bepörgött. A két eszközt sikerült szétkapcsolni, de a jelentős hajtóanyag-felhasználás miatt azonnali leszállást kellett elrendelni.

1966. április 3. A **Luna-10** szovjet szonda 350-1017 km magasságú, Hold körüli pályára állt: ezzel létrejött az égitest első mesterséges holdja. A Luna-10-et 1966. március 31-én indították Bajkonurból és május 30-ig küldött adatokat a Földre.

1966. június 2. Sima leszállást hajtott végre a Holdon az amerikai **Surveyor-1** holdszonda a Viharok Óceánja nevű holdi síkságon. Július 14-ig a holdi éjszaka kezdetéig mintegy 11 ezer felvételt küldött a Földre. Július 7-14. között, a második holdi nappal még 741 képet közvetített. A Surveyor-1 1966. május 30-án startolt Wallops szigetről Atlas-Centaur hordozórakétával.

1966. június 3-6. A **Gemini-9** űrhajóról (Th. Stafford, E. Cernan) végrehajtott űrsétán E. Cernan először próbál ki egy manőverezésre alkalmas rakétahátizsákot (AMU).

1966. július 19. Az amerikai **Gemini-10** űrhajó a hozzákapcsolt **Agena** rakétával 763 km-es magassági világcsúcsot állított fel. A Gemini-10 1966. július 18-án indult J. Young és M. Collins űrhajósokkal és július 21-én tért vissza a földre.

1966. augusztus 14. Megkezdte keringését a Hold körül az amerikai **Lunar Orbiter-1**. A holdszputnyik 1966. augusztus 18-19-i működése idején 206 db széles látószögű felvételt készített, ami több mint 5 millió négyzetkilométernyi területet fedett le. A Lunar Orbiter-1 augusztus 10-én startolt Cape Canaveralról. Testvér holdszondái, a **Lunar Orbiter-2** 1966. november 18-22. között 208 db, a **Lunar Orbiter-3** 1967. február 15-23. között 156 db, a **Lunar Orbiter-4** 1967. május 10-13. között 123 db, a **Lunar Orbiter-5** pedig 1967. augusztus 6-19 között 213 db széles látószögű felvételt készített a Holdról és közvetített a Földre. A Lunar Orbiter felvételek fontos előkészítői voltak az amerikai emberes Apollo Hold-expedíciós programnak.

1966. szeptember 12. Az amerikai **Gemini-11** űrhajó a hozzákapcsolt **Agna** rakétával 1370 km-es új magassági világcsúcsot állított fel. A Gemini-11 1966. szeptember 12-én indult Ch. Conrad és R. Gordon űrhajósokkal és szeptember 15-én tért vissza a földre.

1966. november 13. Az amerikai **Gemini-12** űrhajóból kilépve Edwin Aldrin másfélszer kerülte meg bolygónkat az űrben lebegve. Az űrhajó kábelével az **Agna** fokozathoz volt kötve, de az egymás körüli forgatást már nem kísérelték meg. A Gemini-12 1966. november 11-én indult J. Lovell és E. Aldrin űrhajósokkal és november 15-én tért vissza a földre.

1966. december 14. Felbocsátották az amerikai **Biosat-1** műholdat, tartályában különféle növényekkel és primitív állatokkal. Visszahozatala nem sikerült.

1966. december 24. A Hold felszínére simán leszállt a szovjet **Luna-13**. Berendezésével elvégezte az első holdi talajvizsgálatokat. A holdszonda 1966. december 21-én startolt Bajkonurból.

1967. január 27. Az **Apollo-1** fedélzetén, a Cape Canaveral-i űrrepülőtéren, felkészülés közben, egy elektromos szikra miatt keletkezett tűz következtében életét veszítette három amerikai űrhajós: Virgil Grissom, Edward White, és Roger Chafee. Az orvosi vizsgálat szerint az űrhajósok halálát az oxigénhiány következtében fellépő szívmegállás okozta, és nem égési sérüléseik. Az űrhajósok emlékére a Hold túlsó oldalán három krátert neveztek el.

1967. április 20. Három napos űrrepülés után sikeresen leszállt a Hold Viharok Óceánja síkságán a **Surveyor-3** amerikai holdszonda, amely részletes talajanalízist és 6300 helyszíni tv-képet készített egy kisebb, lapos kráterben. A már nem működő Surveyor-3 holdszondát az Apollo-12 két űrhajósa, Ch. Conrad és A. Bean 1969. novemberében meglátogatta. E holdszondát még három sikeres Surveyor-leszállás és vizsgálat követte. A **Surveyor-5** 1967. szeptember 11-én, a **Surveyor-6** november 10-én és a **Surveyor-7** 1968. január 10-én érte el a Holdat. A Surveyorok talajvizsgálatai jelentősen elősegítették azt, hogy az Apollo holdkompok két-két űrhajóssal a fedélzetükön sikeresen leszállhassanak a Hold különféle területeire.

1967. április 24. Az új szovjet űrhajó egynapos berepülése tragédiába torkollott. Ejtőernyőrendszerének hibája miatt a **Szozuz-1** mintegy 7 km-es magasságból zuhant le, Vlagyimir Komarov életét veszítette. A Szozuz-1 1967. április 24-én startolt Bajkonurból.

1967. október 30. A szovjet **Kozmosz-186** és **-188** mesterséges holdakkal végrehajtották a Szozuz űrhajók automatikus űrrendevűjét és összekapcsolását. Az összekapcsolt űrrepülés 3,5 órán át tartott. A Kozmosz-186 1967. október 27-31. között, a Kozmosz-188 pedig október 30.-november 2. között repült.

1967. november 9. Sikeresen próbálták ki az első amerikai **Saturn-5** óriásrakétát. A háromfokozatú, 110 méter magas Saturn-5 hordozórakéta tömege 2800 tonna volt, az Apollo-4 űrhajó és a holdűrhajó makettje pedig 126 tonnát tett ki. Az első pilóta nélküli Apollo parancsnoki kabin a Hold felől visszaérkező űrhajó mozgását szimulálva 11,1 km másodpercenkénti sebességgel lépett be a leszállási folyosóba és három ejtőernyő fékezésével szállt le a Csendes-óceánra. A második űrhajósok nélküli Saturn-5 próbarepülésre 1968. április 4-én került sor az **Apollo-6** kísérletben.

1968. május 17. Amerikai Scout hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első sikeres európai műholdat, a kozmikus sugárzást kutató **ESRO-2B**-t (IRIS). A 75 kg-os műhold 1971-ig működött.

1968. szeptember 21. A szovjet **Zond-5** automatikus holdűrhajó **teknősökkel** a fedélzetén épségben leszállt az Indiai-óceánra. Ezek az első élőlények, amelyek a Hold közelébe utaztak. A Zond-5-öt Proton hordozórakétával indították Bajkonurból 1968. szeptember 14-én. A négy teknős mellett Drosophilák, bogarak, növényi magvak, Chlorella és baktériumok is repültek. Az űrhajó szeptember 18-án 1960 km-re repült el a Hold mögött.

1968. október 11-22. Az első háromszemélyes amerikai űrhajó, az **Apollo-7** berepülése W. Schirra, D. Eisele és W. Cunningham űrhajósokkal Föld körüli pályán. A Cape Canaveral fokról a 440 tonna tömegű kisebbik hordozórakéta, a Saturn-1B indította az űrhajót. Az Apollo-7 parancsnoki űrhajója a Csendes-óceánra szállt le.

1968. október 26-30. G. Beregovoj űrpilóta sikeresen kipróbálja a szovjet Szojuz-sorozat űrhajóját, a **Szojuz-3**-at. Az október 25-28. között repült **Szojuz-2** pilóta nélküli űrhajóval a Szojuz-3 űrrandevút hajtott végre, azonban az összekapcsolódás nem sikerült.

1968. november 16. Proton hordozórakéta indította Föld körüli pályára a világ akkori legnagyobb, 17 tonnás műholdját, a kozmikus sugárzásokat tanulmányozó szovjet **Proton-4**-et.

1968. november 30. Kudarcot vallott az ELDO **Europa-1** típusú hordozórakétájának indítása az ausztráliai Woomerából.

1968. december 8. Az L-1 **szovjet Hold-programban** résztvevő orosz űrhajósok (A. Leonov, O. Makarov Ny. Rukavisnyikov, V. Bikovszkij, P. Popovics és G. Grecsko) kérték, hogy engedélyezzék a Zond-7 űrhajó elindítását két kozmonautával a Holdhoz, hogy megelőzzék az amerikaiak karácsonyi Hold-repülését. A szovjet szakmai és pártvezetés, az addigi, nem túl sikeres repülések miatt nem adta meg az engedélyt, és további automatikus Zond űrhajó próbákat írt elő.

1968. december 21-27. Az amerikai **Apollo-8** űrhajó Frank Borman, James Lovell és William Anders űrhajósokkal tízszer kerülte meg a Holdat. Az űrhajó december 24-én 113 km-re közelítette meg kísérőnk felszínét. Először tekintettek emberek a Holdtól a Földre. A visszatérő űrhajósok a parancsnoki kabinban a Csendes-óceánra szálltak le.

1969. január 16. A. Jeliszejev és J. Hrunov szovjet űrhajósok először hajtottak végre átszállást a világűrön keresztül az egyik űrhajóból (Szojuz-5) a másikba (Szojuz-4), gyakorolva a tervezett Hold körüli pályán történő átszállást. A szovjet **Szojuz-4** V. Satalov űrhajóssal 1964. január 14-én startolt Bajkonurból. A **Szojuz-5** B. Volinov, A. Jeliszejev és J. Hrunov kozmonautákkal január 15-én indult. A két űrhajó január 16-án összekapcsolódva létrehozta az első, négykabinos, 13 tonnás kísérleti űrállomást. A 4,5 órás dokkolt repülésen történt meg az átszállás. A szétkapcsolás után a Szojuz-4 űrkabinja három űrhajóssal (Satalov, Jeliszejev, Hrunov) január 17-én, a Szojuz-5 űrkabinja egy űrhajóssal (Volinov) szállt le január 18-án.

1969. február 21. A szovjet 2800 tonnás **N-1** óriásrakéta, amelyet a Hold-expedíciós programhoz építettek, első startja robbanással végződött Bajkonur űrbázison. Az N-1 hordozórakéta következő három startja is hasonlóan sikertelen volt 1969. július 3-án, 1971. június 27-én és 1972. november 23-án. A szovjet N-1-L-3 jelzésű Hold-expedíciós programot 1974-ben végleg leállították.

1969. március 3-13. Az **Apollo-9** űrhajón J. McDivitt, D. Scott, és R. Schweickart asztronauták Föld körüli pályán először próbálták ki a parancsnoki űrhajóhoz (CSM) kapcsolt holdkompot (LM).

1969. május 18-26. Az **Apollo-10** repülésen Th. Stafford, J. Young és E. Cernan végrehajtották a Hold-expedíció főpróbáját. A CSM+LM űrhajórendszer (tömege 42,8 tonna) 1969. május 21-én Hold körüli pályára állt. Május 22-én Stafford és Cernan átszállt a holdkomponba (LM), lekapcsolták a parancsnoki űrhajóról (CSM) és a felszín felett 15 km magasságig leszállási szimulációt végeztek. 31 Hold körüli keringés után az Apollo parancsnoki űrhajó visszatért a Föld közelébe és űrkabinja a Csendes-óceánon szállt le.

1969. június 29. Egy Bonnie nevű majom egyhónapos útra indult a **Biosat-3** tartályában. Az amerikai kísérletet nyolc nap után félbeszakították, de a leszállás után 12 órával a majom kimúlt.

1969. július 13-21. A szovjetek végrehajtották a **Luna-15** Hold-repülést. A Bajkonurból Proton hordozórakétával indított űrszonda 1969. július 17-én állt Hold körüli pályára. Július 21-én azonban a Holdra történő leszállás nem sikerült és a talajmintavevő űrszonda becsapódott a felszínre.

1969. július 16-24. Az amerikai **Apollo-11** végrehajtja az első leszállásos Hold-expedíciót. Az Apollo-11 Saturn-5 hordozórakétával 1969. július 16-án startolt Cape Kennedy-ről Neil Armstrong, Michael Collins és Edwin Aldrin űrhajósokkal. Az űrhajórendszer 1969. július 19-én állt Hold körüli pályára. A Columbia elnevezésű parancsnoki űrhajóról leváló Sas holdkompon Neil **Armstrong** és Edwin **Aldrin** július 20-án (világidőben 20 óra 18 perckor) ért talajt a Hold felszínén, a Nyugalom Tengere nevű síkságon. Hat és fél óras pihenés után először Armstrong, majd Aldrin is kiszállt a talajra, ahol két és fél órát dolgoztak: műszereket helyeztek ki, fényképeket készítettek és kb. 22

kg holdközetet gyűjtöttek. Armstrong és Aldrin a Holdon 21 óra 36 percet töltött, M. Collins pedig Hold körüli pályán keringve a parancsnoki kabinban dolgozott. A holdi felszállás és a Columbiára történő átszállás után július 21-én indult vissza a három űrhajós, majd 24-én a Csendes-óceánon sikeresen vizet értek a parancsnoki kabinban.

1969. október 11-16. A Szojuz-6 (G. Sonyin, V. Kubaszov) bajkonuri indításával megkezdődik három szovjet űrhajó (Szojuz-6, -7, -8) kötélekrepülése. A Szojuz-6 orbitális kabinjában hajtották végre az első űrtechnológiai, azaz fémhegesztési kísérleteket a Vulkán nevű készülékkel. A kísérletet a parancsnoki kabinból távirányították. A Szojuz-6 űrhajó 1969. október 16-án tért vissza a földre.

1969. október 12-18. A Szojuz-7 űrhajón repülő A. Filipcsenko, V. Volkov és V. Gorbátko részt vett a Szojuz-6, -7, és -8 űrhajó kötélekrepülésében. A Szojuz-7 és -8 október 14-15-ére tervezett összekapcsolása sem automatikusan, sem kézi irányítással nem sikerült. A Szojuz-7 október 17-én tért vissza a földre. A Szojuz-8 október 13-án indult, űrhajósai V. Satalov és A. Jeliszejev voltak.

1969. október 13-18. A Szojuz-8 űrhajón repülő V. Satalov és A. Jeliszejev részt vett a Szojuz-6, -7, és -8 űrhajó kötélekrepülésében.

1969. október 14. A Szovjetunió indította a szocialista országokból alakított Interkozmosz szervezet első műholdját az **Interkozmosz-1**-et (IK-1) a világűrbe. Az IK-1 feladata a Nap megfigyelése volt, a sorozat holdjai részben napfizikai, részben ionoszféra-, részben magnetoszféra-méréseket végeztek. Az IK-1 mutatta ki először a napkitörések röntgensugárzásának részleges polarizáltságát.

1969. november 8. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első NSZK műholdat, a kozmikus sugárzást kutató **Azurt**.

1969. november 14-24. Az Apollo-12 űrrepülésén Ch. Conrad, R. Gordon és A. Bean végrehajtotta a második Hold-expedíciót. Conrad és Bean az Intrepid holdűrhajóval 1969. november 19-én leszállt a Viharok Óceánja síkságon, ahol 1 nap 7,5 órát töltöttek. Két, csaknem 4 órás holdi külső munkán kihelyezték a 130 kg tömegű **ALSEP** műszer-együttest és 34 kg holdközetet gyűjtöttek. A két űrhajós meglátogatta a **Surveyor-3** leszálló holdszondát és leszerelte tv-kameráját. A visszahozott kameraoptikán a szakemberek nagy meglepetésére olyan földi baktériumokat találtak, amelynek sikerült túlélniük a két és fél éves holdi kozmikus viszonyokat. Az Apollo-12 november 20-án indult vissza a Holdról.

1969. november 21. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első brit katonai távközlési műholdat, a **Skynet-1**-et.

1970. február 11. Japán saját hordozórakétájával negyedik űrhatalomként küldte Föld körüli pályára **Osumi** nevű műholdját.

1970. március 20. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az Észak-atlanti Védelmi Szövetség első műholdját, a katonai távközlési **NATO-1**-et.

1970. április 11-17. A Hold felé vezető út kétharmadának megtételekor az **Apollo-13** parancsnoki űrhajójának műszaki egységében felrobbant egy oxigéntartály. A robbanás megghiúsította a Holdra szállást, nem volt energiaellátás az űrkabinban (CM) és nem üzemeltek műszerei. Az utazás túlélését az űrkabinhoz kapcsolt és működő kétszemélyes holdkomp tette lehetővé. A háromfőnyi személyzet J. Lovell, J. Swigert és F. Haise a Hold megkerülése és 147 órás drámai űrrepülés után sikeresen visszatért a Földre és az űrkabinban leszálltak a Csendes-óceánon.

1970. április 24. Kína ötödik űrhatalomként saját hordozórakétájával (CZ-1) indította első műholdját (**Kína-1, DFH-1**).

1970. június 1-19. A. Nyikolajev és V. Szevasztyjanov a **Szojuz-9** űrhajón végrehajtja az első hosszú idejű űrrepülést Föld körüli pályán. A két és fél hetes súlytalanságban való repülés után az űrhajósok igen rosszul viselték el a földre való visszatérést, hordágyon szállították el őket a leszálló kabintól, és napokig nem tudtak lábra állni.

1970. szeptember 24. Az automatikus talajmintavevő berendezéssel felszerelt **Luna-16** tízdekányi holdközetet tartalmazó tartálya épségben leszállt a Szovjetunióban. A szovjet holdszondák harmadik generációjának egységesített holdi fékező-leszálló egységéről indított visszatérő berendezés kis gömbtartálya a földi légkörben ejtőernyős fékezéssel

ereszkedett le. A Luna-16 1970. szeptember 12-én startolt Bajkonurból Proton hordozórakétával és szeptember 20-án leszállt a Hold Termékenység Tengere nevű medencéjében. A leszállás és a sikeres, 30 centiméteres mélységig kifúrt talajmintavétel után egy nappal indult vissza a felszálló rakéta és a szállító tartály. A szovjet űrkutatók az automatikus, illetve távirányítású talajmintavételt még kétszer ismételték meg sikeresen a Holdon: 1972. február 14-25. között a **Luna-20** űrkísérletben, majd 1976. augusztus 9-22. között a **Luna-24** repülésekor. A Luna-24 már 2,5 m mélységből hozott holdi talajmintát.

1970. november 17. A szovjet **Luna-17** fedélzetén a Holdra jut az első automatikus holdjáró, a **Lunohod-1**. A járművet a holdi fékező-leszálló egység jutatta az Esők Tengere nevű medence felszínére. A talajra síneken legördülő 756 kg tömegű Lunohod-1 318 napig működött. Ezalatt 10,5 km-es hosszú útvonalon 210 panoráma és 20 ezer tv-képet készített, illetve 500 talajmechanikai és 25 talajkémiai vizsgálatot végzett. A **Lunohod-2** 1973. januárja és májusa között üzemelt a Hold Le Monnier-kráterében és 37 km hosszú terepet kutatott át. (A Lunohod-3 indítását 1975-ben törölték, ez a holdautó ma múzeumi tárgy a Lavocskin Űrközpont múzeumában.)

1970. december 12. Egyenlítői pályára indul az amerikai **Explorer-42** műhold a kenyai partok előtt, az Egyenlítő térségében lévő San Marco olasz starthelyről. Az első eset, hogy amerikai műholdat külföldön indítottak.

1970. december 15. A szovjet **Venyer-7** műszeptartálya épségben eléri a Vénusz felszínét. Ez az első sima leszállás egy másik bolygó talajára. A Venyer-7 1970. augusztus 17-én startolt Bajkonurból. A Vénuszra történő légköri leereszkedés közben adatokat küldött a Földre, de a felszínről csak gyenge jeleket tudtak venni a rossz hírkapcsolat miatt.

1971. január 31. - február 9. Az **Apollo-14** űrrepülésen A. Shepard, S. Roosa és E. Mitchell sikeresen végrehajtotta a harmadik Holdra szálló expedíciót. Shepard és Mitchell az Antares nevű holdűrhajóval leszállt a Fra Mauro kráternél, ahol 1 nap 9,5 órát töltöttek, két kb. 4,5 órás külső munkán 43 kg holdkőzetet gyűjtöttek.

1971. április 19. Föld körüli pályára állítják a Föld első űrállomását, a szovjet **Szaljut-1**-et. Két Szojuz űrhajó repült hozzá, de az elsőből, a **Szojuz-10**-ből nem tudtak átszállni az űrhajósok az űrállomásra az összekapcsoló rendszerénél beszorult ajtó miatt. Összesen 23 napig volt lakott, fedélzetén a Szojuz-11 három űrhajósa dolgozott. 1971. október 11-én a légkörbe léptették és megsemmisült.

1971. június 6-30. A **Szojuz-11** fedélzetén a világűrbe küldött három szovjet űrhajós, G. Dobrovolszkij, V. Volkov és V. Pacajev átszállt és 22 napig dolgozott a Föld első űrállomásán, a **Szaljut-1**-en. A 19 tonnás űrállomás kipróbálása, illetve berepülése jól sikerült. A leszállás azonban tragédiával végződött, mert az űrkabinból egy idő előtt kinyílt szelepen keresztül megszökött a levegő. Az automatikusan földet ért leszálló kabinban csak a három űrhajós élettelen testét találta meg a szovjet kereső-mentőszolgálat.

1971. július 26. - augusztus 7. Az **Apollo-15** űrrepülésen a Holdra jutott az első holdautó, a **Lunar Rover**. Az űrrepülésen D. Scott, A. Worden és J. Irwin végrehajtotta a negyedik Holdra szálló expedíciót. Scott és Irwin a Falcon nevű holdkomppal leszálltak a Hadley-repedésnél az Appenninek-hegységnél, ahol 2 nap 18,9 órát töltöttek, három (6,5, 7,2 és 4 órás) holdi külső munkán 77 kg holdkőzetet gyűjtöttek. Az autós holdkirándulásokon összesen 28 km-es úton vizsgálták a Hold felszínét. Az Apollo-15-ről Hold körüli pályára állítottak egy, a töltött részecskéket mérő kis műholdat.

1971. október 28. Az ausztráliai Woomeerából saját fejlesztésű Black Arrow hordozórakétával felbocsátották a **Prospero X-3** nevű brit műholdat. Anglia ezzel vált a hatodik űrhatalommá.

1971. november 14. Az amerikai **Mariner-9** a Mars első mesterséges holdja lett és felfedezte a kiszáradt **marsi folyóvölgyeket**. Az 520 kg tömegű Mars-szonda 1971. május 30-án startolt Cape Canaveralról Atlas Centaur hordozórakétával és 1972. december 27-ig működött Mars körüli pályán. Sok ezer képet, ultraibolya és infravörös mérést készített a bolygóról. A Mariner-9 felvételeinek felhasználásával készült el a Mars első részletes térképe.

1971. december 2. A szovjet **Marsz-3** űrszonda műszertartálya a világon elsőként simán leszállt a Marsra, de rövid idő múlva megszakadt vele a hírkapcsolat. A Marsz-3 4,6 tonnás űrszonda 1971. május 28-án startolt Bajkonurból. Orbitális egysége elnyúlt, 1500-190 700 km-es elliptikus pályára állt a Mars körül, ahonnan képeket és méréseket készített. Legfontosabb eredménye, hogy mérései alapján kimutatták: a bolygónak van belső eredetű mágneses tere.

1971. december 27. Szovjet hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára a francia **Aureole-1** nevű ionoszféra-kutató műholdat.

1972. március 15. A NASA bejelentette egy új, többször használható űrszállító rendszer (STS, **Space Shuttle**) létrehozásának részleteit.

1972. április 7. Az **Interkozmosz-6** műhold többek között Föld körüli pályára juttatta az **első magyar űrműszert, a Tánya elnevezésű passzív meteoritcsapdát**, amely a visszatérő kabinban 1972. április 11-én leszállt a Földre

1972. április 14. A **Prognosz-1** bajkonuri startjával elindult a szovjet űridőjárás-kutató műholdsorozat. Negyed század alatt egy tucat ilyen típusú műhold került igen elnyúlt ellipszis pályára.

1972. április 16-27. Az **Apollo-16** űrrepülésen a Holdra jutott a második amerikai holdautó. Az űrrepülésen J. Young, Th. Mattingly és Ch. Duke végrehajtja az ötödik Holdra szálló expedíciót. Young és Duke az **Orion** nevű **holdkomppal** április 21-én leszállt a Descartes-kráternél, ahol 2 nap 23,2 órát töltöttek, kihelyezték a 4. ALSEP műszeregyüttest és három 6-7 órás holdi külső munkán 97 kg holdkőzetet gyűjtöttek. Az Apollo-16-ról Hold körüli pályára állítottak egy, a töltött részecskéket mérő kis műholdat.

1972. június Megalakult az **ISRO** (Indian Space Research Organization), az Indiai Űrkutatási Szervezet, Bangalore központtal. Feladata az indiai űrtechnika és űrkutatás fejlesztése, űrközpontok működésének irányítása, műholdak, űrszondák megalkotása, indítása és üzemeltetése.

1972. július 22. Féléves űrrepülés után a **Venyera-8** leszálló egysége elérte a Vénusz bolygó forró felszínét és 50 percen át küldte az első felszíni mérési adatokat. Az 1,18 tonnás szovjet űrszonda 1972. március 27-én indult Bajkonurból és egy fél tonnás leszálló egységet küldött a Vénusz felszínére.

1972. július 23. Megkezdte működését az első földi erőforrásokat kutató műhold, a **Landsat-1** (ERTS-1).

1972. december 7-19. Az **Apollo-17** útján a Holdra jutott a harmadik amerikai holdautó. Az űrrepülésen E. Cernan, R. Evans és H. Schmitt végrehajtja a hatodik Holdra szálló expedíciót. Schmitt geológusként az első szakember volt, aki eljutott a Holdra. Cernan és Schmitt a Challenger nevű holdkomppal december 11-én leszállt a Taurus-Littrow-térségben, ahol 3 nap 3 órát töltöttek, kihelyezték az 5. ALSEP műszeregyüttest és három, több mint 7 órás holdi külső munkán 110 kg holdkőzetet gyűjtöttek. Az Apollo-17 1972. december 14-én visszaindult a Földre és december 19-én űrkabinjának Csendes-óceáni leszállásával befejeződött az Apollo-program, melynek során hat amerikai holdűrhajón 12 űrhajós járt a Hold felszínén 1969-72 között.

1973. május 14. Cape Canaveral űrbázisról Saturn-5 hordozórakétával Föld körüli pályára állították az akkori idők legnagyobb, 75 tonnás űrállomását, az amerikai **Skylab-1**-et. Háromszor háromtagú legénység dolgozott 1973-1974-ben egy, kettő illetve három hónapot a 430 km magasságú pályán keringő űrállomáson. A fedélzeten napfizikai, csillagászati, földfotózási-erőforráskutatási, anyagtudományi, orvosi és biológiai kísérleteket végeztek.

A 25,4 m hosszú, 345 m³-es Skylab főbb egységei: 1) naptávcső-együttes helyzet-stabilizáló giroszkópokkal és négy napelemszárnnyal; 2) dokkolóegység két összekapcsolóval, a napteleszkópok vezérlőpultjával, a Földet vizsgáló műszer-együttesel (EREP) és az anyagtudományi kísérletek ellenőrző rendszerével; 3) űrséta zsilipkamra energiaelosztó központtal, valamint az életfenntartó és a távközlési rendszer vezérlőjével; 4) orbitális munkaterem, melyet a Saturn-4B fokozat hidrogéntartályából alakítottak ki és rácsos elválasztóval laboratóriumra, valamint lakóterre (konyha, étkező, alvófülkék, WC, zuhanyozó, sportterem) osztottak, a rakétafokozat oxigéntartálya volt a hulladéktároló. A 14,7 m hosszú, 6,7 m átmérőjű és 283 m³ térfogatú munkaterem, illetve

állomásblokk külső falára szereltek két 9 m-re kinyitható napelemszárnyat. Ezek közül az egyiket a start közben rezonancia miatt levált hővédő lemez leszakította.

Az 1973. május 25.-június 22. között, a **Skylab-2** kísérletben C. Conrad, J. Kerwin és P. Weitz űrhajósok repültek az űrállomásra. A három asztronauta csak a javítások, az ideiglenes külső hővédőernyő és a megmaradt napelemszárny kinyitása után láthattak a kísérleti munkákhoz. Az 1973. július 28.-szeptember 25. közötti **Skylab-3** repülésen A. Bean, O. Garriott és J. Lousma dolgozott az űrállomáson. Az állomásblokkra az augusztus 6-i űrsétán egy végleges hővédőt feszítettek ki a korábbi, ideiglenes ernyő fölé. 1973. november 16.-1974. február 8. között a **Skylab-4** űrrepülésen G. Carr, E. Gibson és W. Pogue volt a Skylab-1 működtetője és a sikeres kutatási programok kivitelezője. Az asztronautákat Cape Canaveralról indították Saturn-1B hordozórakétával, Apollo űrhajók fedélzetén. Az űrállomáson, a 171 napos lakott időtartam alatt, összesen tíz űrsétát végeztek, több mint 180 ezer Nap-fotót és 40 ezer földfotót készítettek az űrhajósok.

Az eredeti tervekkel ellentétben, az amerikai űrrepülőgép-rendszer késése (lásd 1981. április 12.) miatt nem tudták a Skylab-1 űrállomás-rendszert később használni, mert a légköri fékezés miatt 1979. július 11-én belépett a sűrű légkörbe, szétegyezett és lezuhant az Indiai-óceán térségében. Lehulló darabjai Ausztrália középső, sivatagos részét is megszorozták.

1973. november 3. Elindult az amerikai **Mariner-10** űrszonda a két belső bolygó a Vénusz és a Merkúr vizsgálatára. A Vénuszt 1974. február 5-én 5769 km-re közelítette meg és kutatta. A Merkúrt pedig háromszor, 1974 márciusában, szeptemberében és 1975 márciusában vizsgálta a Mariner-10, amely mindmáig az egyetlen űrszonda, amely eljutott a Merkúr bolygó közelébe.

1973. december 4. Az amerikai **Pioneer-10** űrszonda (Cape Canaveral-i start: 1972. március 3.) elsőként közelítette meg a Jupitert, és közelfelvételeket készített róla.

A 250 kg tömegű Pioneer-10 (és testvérszondája, a **Pioneer-11**) legfontosabb műszerei: képkészítő Makszutov-távcső leképező fotopolariméterrel, magnetométer, Geiger-csőves teleszkóp, kozmikus sugázmérő, mikrometeorit-érzékelők, UV fotométer, plazma-analizátorok. A szondákat az energiaellátás biztosítására SNAP termoelektromos radioizotópos generátorokkal, a hírcapcsolat tartására pedig 2,7 m átmérőjű parabola-antennával és S-sávú rádiórendszerrel látták el.

A Pioneer-10 mintegy 26 ezer év elteltével elhagyja Naprendszerünket. Ezért az űrszondán, amely így csillagközi szondává válik, elhelyeztek egy gravírozott fémlapot a földönkívüli, esetleg létező értelmes lényeknek szóló üzenettel. A **plaketten** egy emberpár látható az űrszonda méretarányos rajzával, egy másik ábra a Nap helyét mutatja pulzárokhoz képest. A fémtáblát felül a hidrogén 21 cm-es sugárzásának, alul a Naprendszer csillagának és bolygóinak, valamint az űrszonda útjának szimbolikus vázlata keretezi.

1974. március 29. Az amerikai **Mariner-10** űrszonda először közelítette meg a **Merkúr** bolygót 740 km-re és készített felvételeket a Naphoz legközelebbi égitestről. Az űrszonda még kétszer, 1974. szeptember 21-én 47958 km-re, majd 1975. március 16-án 328 km-re repült el a mi Holdunkhoz hasonlóan becsapódásos kráterekkel borított Merkúr mellett és ismételtén vizsgálta azt. Legfontosabb eredménye az 1300 km átmérőjű, sokgyűrűs, **Caloris-medence**, valamint egy, krátereken is keresztülhaladó 2-3 km hosszú lesüppedés felfedezése volt.

1974. május 17. Felbocsátották az első, geostacionárius pályán a Föld felszínétől 36000 km magasságban keringő meteorológiai műholdat, az amerikai **SMS-1**-et.

1974. június 24. **Szaljut-3** néven pályára állt az első szovjet katonai űrállomás, az **Almaz-2**. Az első kétfőnyi személyzet két hétig dolgozott a fedélzetén, a második legénységnek azonban nem sikerül űrhajóját az űrállomáshoz kapcsolnia. 1975. január 24-én a légkörbe léptették és megsemmisült. A következő szovjet katonai űrállomás a **Szaljut-5** volt (Almaz-3), amely 1976. június 22-én startolt és 1977. augusztus 8-án léptették be a légkörbe. Az űrállomáshoz három Szojuz űrhajó indult, de csak kettőnek sikerült dokkolnia. Fedélzetén az első legénység másfél hónapig, a második pedig két hétig dolgozott.

1974. augusztus 30. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első holland műholdat, a csillagászati **ANS**-t.

1974. november 15. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első spanyol műholdat, a távközlési **INTASAT**-ot.

1974. december 26. A **Szaljut-4** orosz tudományos űrállomás startja, kéttonnányi tudományos műszerrel a fedélzetén. A legnagyobb kutatóberendezése az űrállomás szélesebb részének teljes átmérőjét átérő OSzT-1 naptávcső volt. 1977. február 3-ig két alkalommal kétfős személyzet dolgozott rajta, egy, illetve két hónapig.

1975. április 19. Szovjet hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az első indiai műholdat, a röntgensugárzást kutató **Aryabhata**-ot.

1975. május 31. Megalakult az **ESA** (European Space Agency, Európai Űrügynökség), eredetileg 10, jelenleg 17 európai ország közös űrkutatási szervezete, a korábbi ESRO (lásd 1964. március 20.) és ELDO (lásd 1964. február 29.) összeolvadásával. Magyarország az ESA együttműködő állama.

1975. július 16. Létrejött az első űrrandevű és összekapcsolás két ország különböző űrhajója, az amerikai Apollo-18 és a szovjet Szojuz-19 között az **ASTP**-repülésben. A **Szojuz-19** Bajkonurból startolt 1975. július 15-én A. Leonov és V. Kubaszov szovjet kozmonautákkal. A július 17-19. közötti dokkolt űrrepülés és közös munkák után a Szojuz-19 július 21-én szállt le Kazahsztánban. Az **Apollo-18** T. Stafford, V. Brand és D. Slayton asztronautákkal július 15-én indult a Cape Canaveral-i űrrepülőtérrel és július 25-én tért vissza a Csendes-óceánra.

1975. augusztus 20., szeptember 9. Elindult az amerikai **Viking-1** illetve **Viking-2** űrszonda (egy-egy keringő anyaegység -VO és leszálló berendezés -VL), hogy megkísérlje felderíteni, létezik-e valamilyen primitív életforma a Marson. A **Viking Mars-szondák** Titan 3E-Centaur hordozórakétával startoltak Cape Canaveralból. Mind a négy egység több éven át jól működött és érdekes adatokat küldött a Földre (lásd 1976. július 20.).

A Mars körüli pályán 3,53 t-s Vikingek keringő anyaegységből (Orbiter) és leszálló berendezésből álltak. A 2,33 t tömegű (ebből hajtóanyag 1,43 t) Orbiteren két Cassegrain-távcsőhöz csatlakoztatott, hat színszűrővel ellátott vidikon kamera, egy infravörös spektrométer (MAWD) és egy infravörös hőterképező kamera (IRTM) működött. Az energiaellátást napelemtáblákkal oldották meg. A 605 kg tömegű **Viking leszálló** berendezés főbb műszerei: két panoráma tv-kamera, három biológiai egység (VBI), egy gázkromatográfal egybeépített tömegspektrométer (GCMS, a marsi szerves vegyületek kimutatására), szél- és hőmérő meteorológiai berendezés. A leszálló energiaellátását két SNAP-19 radioizotópos termoelektromos generátor, az adatok Földre küldését egy 76 cm átmérőjű parabolaantenna és az S-sávú rádióadó biztosította. A marsi talajmintákat egy 2,9 m-re kinyújtható kar végén elhelyezett mintavevő fej juttatta az életet és szerves anyagot kutató minilaboratórium négy egységébe. A hőbontásos vizsgálatokkal (PR) azt keresték, hogy vannak-e a földi növényekhez hasonlóan fotoszintézisre képes organizmusok a Marson; a radioaktív tápoldatos kísérletben (LR) a szerves vegyületek lebontását tanulmányozták, azaz azt, hogy léteznek-e a földi állatokhoz hasonlóan szerves vegyületeket szén-dioxiddá alakító élőlények; a gázcserélődési vizsgálatban (GEX) arra voltak kíváncsiak, hogy vannak-e be- és kilégzést folytató mikroorganizmusok a marsi talajmintákban.

1975. október 22. A szovjet **Venyera-9** leszállóegysége az első helyszíni tévéfelvételeket közvetítette a Vénusz felszínéről. A 4,9 t tömegű Venyera-9 1975. június 8-án indult Bajkonur űrrepülőtérrel Proton hordozórakétával. Az 1,5 t-s leszálló egység 53 percen át közvetített panorámaképet és méréseket a Vénusz forró felszínéről. Az anyaegység a Vénusz műholdja lett. Testvér űrszondája, a **Venyera-10** 1975. június 14-én startolt a Földről, október 25-én lett a Vénusz műholdja. Leszálló egysége simán elérte a bolygó felszínét, és 65 percig közvetített onnan.

1975. november 29. Visszatért Föld körüli pályájáról a katonai rendeltetésű **negyedik kínai műhold**. Ez volt Kína első visszatérő holdja.

1976. február 19. Az Egyesült Államokból felbocsátották az első olyan távközlési műholdat, a **Marisat-1**-et, amely a hajózás kommunikációs céljait szolgálta.

1976. július 8. Amerikai hordozórakéta vitte Föld körüli pályára az első indonéz műholdat, a távközlési **Palapa-1**-et.

1976. július 20. Az amerikai **Viking-1** szonda leszállóegysége (VL-1) az első helyszíni felvételeket és méréseket közvetítette a Mars felszínéről a Chryse síkságról (lásd 1975. augusztus 20.). A VL-1 több mint hat éven keresztül, 1982. november 8-ig működött és sok panorámaképet, meteorológiai és talajvizsgálati adatot, valamint biológiai mérési eredményeket közvetített a Földre. Az 1976. június 19-én Mars körüli pályára állt keringő egysége (VO-1) 1980. augusztus 7-ig küldte méréseit a Földre.

Testvérszondája, a **Viking-2** 1976. augusztus 7-én állt Mars körüli pályára és a VO-2 1978. július 25-ig küldte képeit és adatait a Földre. A VL-2 1976. szeptember 3-án szállt le simán az Utópia síkságon és ott 1980. április 1-ig dolgozott.

A Viking-leszállók (Landerek) nem túl érzékeny gázkromatográfós tömegspektrométere (GCMS) nem érzékelt szerves anyagot a Marson, és két biológiai vizsgáló berendezése (GEX, PR) sem tudta kimutatni élettevékenység nyomát a bolygón. A radioaktív tápoldatos kísérletben (LR) azonban olyan mérési eredményeket küldtek a Landerek a Földre, amelyeket biológiai tevékenység nyomának lehetett tekinteni, bár ezen adatokat később sok szakember inkább kémiai, mint biológiai folyamat eredményének értelmezte.

1976. november 26. Megnyitották a Földmérési Intézet **Kozmikus Geodéziai Observatóriumát (KGO)** a Vác közelében lévő Penc község mellett. Fő feladata a Magyarországra háruló kozmikus geodéziai feladatok szolgáltatászerű ellátása mesterséges holdak átvonulásának megfigyelése révén. Ennek értelmében nemzetközi programokban vesz részt és maga is szervez ilyeneket. Kezdetben fotográfikus, majd lézeres, később Doppleres műholdészleléseket végeztek a KGO-ban. Mai kozmikus geodéziai vizsgálataik főleg GPS-holdakat használnak (lásd 1978. február 22., 1994. január 17.)

1977. április 20. Amerikai hordozórakéta juttatta Föld körüli pályára az ESA első műholdját, a magnetoszféra-kutató **GEOS**-t.

1977. július 17. Első alkalommal, automatikus üzemmódban került kipróbálásra a 17,5 tonnás szovjet **szállító-ellátó űrhajó (TKSz)** Kozmosz-929 jelzéssel, melyhez háromszemélyes űrkabint terveztek (**Merkur**).

1977. augusztus 12. Az amerikai űrrepülőgép-flotta csak légköri repülésre alkalmas **Enterprise** nevű példányának első repülése két pilótával a fedélzetén. A Boeing 747 repülőgép hátán az Edwards légibázisról felvitt űrrepülőgépet F. Haise és Ch. Fullerton űrhajósok a repülőgépről való leválasztás után 5,3 perces siklórepülésben leszállítják a légibázison. Az Enterprise légköri repülési kísérleteit szeptember 13-án (J. Engle, R. Truly), 23-án (Haise, Fullerton), október 12-én (Engle, Truly) és 26-án (Haise, Fullerton) sikeresen megismételték.

1977. augusztus 20., szeptember 5. Elindult az amerikai **Voyager-2** (V2) illetve a **Voyager-1** (V1) amerikai űrszonda a Jupiter (V1: 1979. március 5., V2: 1979. július 9.) és a Szaturnusz (V1: 1980. november 12., V2: 1981. augusztus 26.) részletes tanulmányozására. A 748 kg tömegű Voyager űrszondák főbb műszerei: kis- és nagyfelbontású tv-kamera, UV-spektrométer, infravörös interferométer, magnetométer, fotopolariméter, kozmikus sugázmérő, plazmamérők. A szondák energiaellátását három SNAP radioizotópos termoelektromos generátor, az adatok Földre küldését egy 3,65 m átmérőjű parabolaantenna és az S-sávú rádióadó biztosítja.

A Voyager-2 végrehajtotta a „Nagy Utazást”: 1986. január 24-én az Uránuszt, 1989. augusztus 25-én a Neptunuszt is közelről vizsgálta. Az űrszondák kb. 26 ezer év múlva elhagyják a Naprendszer és a csillagközi térben repülnek majd passzívan. Ezért, Carl Sagan csillagász (lásd 1975. augusztus 20.) szervezésében, egy a földönkívüli értelmes lényeknek szóló **üzenetet** is elhelyeztek a két űrszondán. Az üzenetet tartalmazó digitális lemezt egy aranyozott alumínium tokba zárták. A **borítórajzon** látjuk a lemez felül- és oldalnézetét, rajta a hangszedőfejet, valamint a lejátszás sebességét, a rögzítés módját és formáját. Alul a Pioneer-táblán is (lásd 1973. december 4.) szereplő speciális csillagtérkép van, amely a Tejútrendszer közepéhez képest a Nap és néhány pulzár irányát és rezgésszámát mutatja kettes számrendszerben. A hosszegységét a jobbra, alul látható hidrogénatom két állapota közötti átmenetéből adódó rádiósugárzás hullámhossza

adja. A földönkívülieknek szóló kulturális, oktató lemezen 116 képen magyarázó rajzokat, fizikai és matematikai képleteket, különféle fotókat (bolygók, tárgyak, DNS, sejt, növények, állatok, emberek, csontváz, agy, stb.), földi hangokat (szél, rakétaindítás, csók, stb.), 54 nyelven egy-egy üdvözlő szöveget (magyarul is), a delfinek füttyeit és 90 perc klasszikus (Beethoven, Bach, Csajkovszkij, stb.), dzsessz- és népzenei számokat is elhelyeztek.

1977. szeptember 29. A Szovjetunióból felbocsátják a **Szaljut-6** űrállomást, amelyhez már két űrhajót lehetett egyidejűleg csatlakoztatni. Ennél az űrállomásnál próbálták ki először a 2,5 t terhet felszállító **Progressz** teherűrhajókat, a modernizált személyszállítót, a **Szojuz-T**-t, és egy 10 méter átmérőjű rádiótávcsövet (**KRT-10**) is. A Szaljut-6 lakott időtartama összesen 671 nap volt. 1978-tól a volt szocialista országokból egy-egy csehszlovák (V. Remek, 1978. március), lengyel (M. Hermaszewski, 1978. június-július), NDK-beli (S. Jahn, 1978. augusztus-szeptember), *magyar (Farkas Bertalan, 1980. május-június)*, vietnami (Pham Thuan, 1980. július), kubai (A. Tamayo Mendez, 1980. szeptember), mongol (Zs. Gurragcsa, 1981. március) és román (D. Prunariu, 1981. május) űrhajós dolgozott a Szaljut-6 fedélzetén 8-8 napos űrrepülésen. Az első bolgár űrhajós, G. Ivanov, Ny. Rukavisnyikov parancsnokkal a Szojuz-33 űrhajón 1979. április 10-én indult az űrbe. Műszaki hiba miatt azonban nem tudtak az űrállomáshoz kapcsolódni, és ezért két nap múlva kényszerleszállást hajtottak végre. A Szaljut-6-hoz összesen 15 Szojuz, 4 Szojuz-T és 12 Progressz űrhajó kapcsolódott. 1981. júliusában a repülés végén, automatikus üzemmód közben a szovjet katonai szállító-ellátó űrhajó (**TKSz**) orbitális egységét (Kozmosz-1267) modulépítési kísérletként összekapcsolták a Szaljut-6-tal. A két egységet 1982. július 29-én a légkörbe léptették és megsemmisültek.

1978. január 20. A Szovjetunióból felbocsátották a **Progressz-1**-et, az első teherszállító űrhajót, mely a Szaljut-6-hoz kapcsolódott. A Szojuz személyűrhajóból fejlesztett teherváltozatnál az orbitális kabinban normális összetételű levegő volt, hogy az itt felszállított darabárut az űrhajósok átvihessék az űrállomásra. A Szojuz parancsnoki kabinja helyén hajtóanyag- és levegőtartályokat helyeztek el. Utóbbiakból csővezetéken keresztül nyomatták át a folyékony anyagokat az űrállomásra. A Progresszek teherkapacitása mintegy 2,5 t.

1978. január 26. Az **IUE** (International Ultraviolet Explorer, Nemzetközi Ibolyántúli Kutató) műhold startja. A 350 kg tömegű csillagászati műholdat kissé elliptikus geostacionárius pályára állították, így mind Amerikából, mind Európából rádiókapcsolatba lehetett vele lépni. A 45 cm-es átmérőjű tükörtávcsövet hordozó műhold az ibolyántúli tartományban 115-350 nm között végzett képi és színekpi megfigyeléseket, utóbbiakat 0,01 nm felbontással. A Hubble-űrtávcső előtt az IUE volt a legsikeresebb csillagászat műhold, 1996. szeptember 30-ig végzett megfigyeléseket.

1978. február 22. A **GPS** (Global Positioning System) mesterséges holdakra alapozott globális helymeghatározó rendszer első holdjának felbocsátása. A teljes rendszer 24 db, 20 200 km magasságban keringő műholdból áll.

1978. november 2. 139 napos rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre V. **Kovaljonok** és A. **Ivancsenkov** orosz űrhajós. A két kozmonauta 1978. június 15-én a Szojuz-29 űrhajóval indult a Szaljut-6 űrállomásra és onnan a Szojuz-31 űrkabinjában tért vissza.

1978. december 4. Megkezdte keringését a Vénusz körül az első radarral térképező szonda, az amerikai **Pioneer Venus-1**. Az 580 kg tömegű űrszonda 1978. május 20-án startolt a Földről a Cape Canaveral-i űrközpontból.

1979. március 5. Az amerikai **Voyager-1** elkészítette a Jupiter gyűrűjének és nagyméretű holdjainak első, részletes közelfelvételeit.

1979. április 12. Az első szovjet-bolgár legénység műszaki hiba miatt kényszerleszállást hajtott végre a **Szojuz-33** űrhajóval. *(Ezért a magyar űrrepülést 1979-ről 1980-ra halasztották.)*

1979. május 17. A pleszecki szovjet űrbázisról felbocsátották az első, új típusú, erőforráskutató műholdat, a **Kozmosz-1099**-et.

1979. július 9. A **Voyager-2** kb. 650 ezer kilométerre repült el a Jupiter felhői felett és részletesen vizsgálta az óriásbolygót.

1979. augusztus 19. 175 napos rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre V. Ljahov és V. Rjumin orosz űrhajós. A két kozmonauta 1979. február 25-én a Szojuz–32 űrhajóval indult a Szaljut–6 űrállomásra és onnan a Szojuz–34 űrkabinjában tért vissza.

1979. szeptember 1. Az amerikai **Pioneer–11** űrszonda (Cape Canaveral-i start: 1973. április 6., Jupiter-közel: 1974. december 3.) elsőként közelítette meg a **Szturnuszt**, felvételeket készített és méréseket végzett a legszebb gyűrűs bolygóról, valamint holdjairól. A Pioneer–11 kb. 26 ezer év múlva elhagyja Naprendszerünket, azaz csillagközi űrszondává válik, ezért a Pioneer–11-en is elhelyeztek egy gravírozott fémlapot a földönkívülieknek szóló üzenettel, mint a Pioneer–10-en (ld. 1973. december 4.).

1979. szeptember 25. A Szovjetunióból felbocsátották az első nemzetközi bio-szputnyikot, a **Kozmosz–1129**-et.

1979. december 24. Indult az ESA új hordozórakétája, az **Ariane–1** a dél-amerikai Francia Guyana-i Kourou űrbázisról.

1980. május 26. - június 3. Az első magyar űrhajós, **Farkas Bertalan** (1949) űrrepülése. Az űrhajósjelöltek kiválasztása 1977-ben történt a kecskeméti Repülőorvosi Vizsgáló és Kutató intézetben (ROVKI). Az önként jelentkező katonai pilóták 95 fős csoportjából az alkalmassági és terheléses vizsgálatok alapján 11 fő bizonyult megfelelőnek. A legjobb négy repülőgépvezetőből a Moszkva melletti Gagarin Űrhajóskiképző központban választották ki Farkas Bertalant és Magyarai Bélát. A két magyar űrhajósjelölt és családjuk 1978 márciusában érkezett Csillagvárosba. Az egy évesre tervezett képzés, a bolgár űrhajóst szállító Szojuz–33 műszaki hibája miatt, a magyaroknál két évre húzódott. Az egyformán jó felkészülési vizsgaeredmények után a végső döntés alapján az űrbe Farkas Bertalan indult. **Magyarai Béla** (1949) pedig az irányító központból követte az űrrepülését, akihez egy, a kísérletek előkészítésben vezető szerepet vállalt magyar szakemberekből álló segítő csoport is csatlakozott.

1980. május 26-án startolt Bajkonur űrrepülőtérrel a magyar űrhajóst pályára szállító Szojuz–36 űrhajó, amely 27-én csatlakozott a Szaljut–6 űrállomáshoz, ahol L. Popov és V. Rjumin orosz űrhajósok fogadták őket. Farkas Bertalan jól érezte magát a súlytalanságban, jobban, mint az akkor már harmadszor repült parancsnoka, V. Kubaszov. A magyar fejlesztésű kísérleti készülékek normálisan működtek, Farkas pedig napi 3-4 óránál nem aludt többet, hogy kihasználja az űrrepülést. A világűri fémolvasztás (Bealuca) a Szplav–2, a kristályosítás (Ötvös) a Krisztall–3 kemencékben, az űrhajósokat ért sugárdózis mérése a Pille–79 készülékkel történt. Sok dicsőítést kapott a Balaton nevű, tenyérnyi műszer, amellyel az űrhajósok információfeldolgozó képességét és egyidejűleg vegetatív idegrendszerének állapotát is mérték, valamint az Interferon kísérlet, amelyben a súlytalanság állapotában lényegesen gyorsabban termelődött az emberi fehérvérsejt-kultúrában az interferon. Farkas űrrepülésének befejezésénél több kisebb műszaki probléma is felmerült. A próbáknál a visszatérő Szojuz–35 hajtóműve nem akart bekapcsolódni, a leszállás végső fázisában pedig a sima leszállító rendszer nem működött. Utóbbi azt eredményezte, hogy az űrkabin elég erősen a földnek csapódott, de a két űrhajós életét ez nem veszélyeztette.

1980. június 5-9. Az új típusú szovjet űrhajót, a **Szojuz T–2**-t Föld körüli pályán személyzetes (J. Malisev, V. Akszjonov) űrrepülésben is kipróbálták a Szaljut–6 űrállomáshoz kapcsolódva.

1980. július 18. Az indiai Sriharikotából saját fejlesztésű SLV–3 hordozórakétával felbocsátották a **Rohini** nevű indiai műholdat. Ezzel India vált a 7. űrhatalommá.

1980. október 11. 184 napos, rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre L. Popov és V. Rjumin orosz űrhajós. A két kozmonauta 1980. április 9-én a Szojuz–35-tel indult a Szaljut–6 űrállomásra és onnan a Szojuz–37 űrkabinjában tért vissza.

1980. november 12. Az amerikai **Voyager–1** elkészítette a Szturnusz holdjainak első, részletes közelfelvételeit.

1981. április 12-14. A többször felhasználható amerikai űrrepülőgép-flotta első űrrepülésre szánt **Columbia** nevű példányának (**STS–1**) első kísérleti útja. A Columbiát J. Young és R. Crippen űrhajósok repülték be. A start Cape Canaveralról, a leszállás pedig az Edwards Légibázison történt. A Columbia második próbaútját 1981. november 12-14. között J. Engle és R. Truly hajtotta végre.

1981. június 19. A **Kozmosz–1267** jelű orosz katonai szállító-ellátó űrhajó (TKSz) orbitális részét az automatikus üzemmódban működő Szaljut–6-hoz csatlakoztatták egy több mint egyéves kísérleti modul-kapcsolat vizsgálatára. A Kozmosz–1267 1981. április 25-én startolt Bajkonurból. Egy hónap múlva levált róla a pilótanélküli, háromszemélyes **Merkur** űrhajó és automatikus leszállást végzett.

1981. augusztus 25. A **Voyager–2** 101 ezer km-nyire repült el a Szaturnusz felhői felett. A Voyager–2 1977. augusztus 20-án startolt Cape Canaveral-ról és 1979. július 9-én közelítette meg a Jupitert. A Szaturnusz vizsgálata után közelről tanulmányozta az Uránuszt (1986. január) és a Neptunuszt (1989. augusztus). A Voyager–2-n elhelyezett, földönkívülieknek szóló üzenetet lásd az 1977. augusztus 20-i dátumnál.

1981. szeptember Megjelent a magyar **Űrhajózási Lexikon**, amelyben 28 magyar szerző az űrhajózási-űrkutatás addigi eseményeink és eredményeinek első magyar, betűrendes összefoglalását adta.

1982. március 1. Az első talajanalízis eredményt és színes panorámafelvételét közvetítette a Vénusz felszínéről a szovjet **Venyera–13** űrszonda. A Venyera–13 1981. október 30-án startolt Bajkonur űrrepülőtérről Proton hordozórakétával. Az anyaszonda 36 ezer km-re repült el a bolygó mellett, míg leszálló egysége a felszínen 127 percig működött. A panorámaképek készítése mellett kifűrt egy kis talajmintát a Vénusz talajából és annak összetételét a leszálló egység belsejében megvizsgálta. Testvérszondája, a **Venyera–14** 1981. november 4-én indult és leszállója 1982. március 5-én ért talajt a bolygón. Képeit és méréseit 57 percig készítette és küldte el a Földre. Az anyaszonda elrepült a Vénusz mellett és a bolygóközi teret kutatta tovább.

1982. április 19. A Szovjetunióból felbocsátották a **Szaljut–7** űrállomást, amellyel megkezdték a modulrendszerű űrállomásépítési és napelemszerelési kísérleteket űrhajósokkal a fedélzeten. 1985 februárjában teljesen megszakadt az űrállomással a hírkapcsolat, de a júniusi mentőexpedíciónak sikerült ismét üzembe helyeznie.

A Szaljut–7 űrállomáshoz két kísérleti modul (Kozmosz–1443 és –1686), 12 Szojuz-T személy- és 13 Progressz teherűrhajó indult, a fedélzeten 20 űrhajós dolgozott (ebből 18 szovjet, egy francia és egy indiai). Az összesen 730 nap lakott időtartam alatt néhány szovjet űrhajós többször is járt az űrállomáson. A Szaljut–7-Kozmosz–1686 együttes 1991. február 7-én lefékeződve, nem irányítottan lépett be a sűrű légkörbe és megsemmisült. Darabjaik Chile és Argentina lakatlan részein hullottak a földre.

1982. november 11-16. A **Columbia (STS–5)** fedélzetén megkezdték a kereskedelmi szállításokat, az első bérindításokat. Az űrrepülőgép felszállította és elindította a pályáraállító PAM-D rakétafokozattal együtt 3,3 tonnás SBS-C és az Anik C3 geostacionárius távközlési holdakat. A repülés után a Columbia az Edwards Légibázison ért földet.

1982. december 10. 211 napos, rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre A. **Berezovoj** és V. **Lebegyev** orosz űrhajós. A két kozmonauta 1982. május 13-án a Szojuz-T–5 űrhajóval indult a Szaljut–7 űrállomásra és onnan a Szojuz-T–7 űrkabinjában szállt le.

1983. január 25. Elindult az **IRAS**, az első infravörös kutatásokat végző csillagászati hold, melyet amerikai, angol és holland szakemberek fejlesztettek. Az 1,1 tonnás IRAS-t Delta 3910 hordozórakéta juttatta mintegy 900 km magasságú Föld körüli pályára Vandenberg Légitámaszpontonról. A 60 cm átmérőjű tükrös távcső négy, egymáshoz kapcsolódó intervallumban mérte az infravörös sugárzás erősségét a 8-120 mikrométer tartományban. 1983. november 22-én a hűtő hélium kifogyása miatt az IRAS befejezte infravörös megfigyeléseit. Az IRAS több mint 250 ezer pontforrást és 16 ezer kiterjedt forrást észlelt. Legérdekesebb felfedezése az, hogy a Vega csillag körül egy porkorong van, amely valószínűleg bolygórendszer szülőhelye. Később még több tucat hasonló csillagkörüli porkorongot mértek ki az IRAS felvételein.

1983. március 10. Első modulként, **Kozmosz–1443** néven csatlakozott a **Szaljut–7** űrállomáshoz a szovjet katonai szállító-ellátó űrhajó (TKSz, lásd 1977. július 17.), amely 1983. március 2-án indult Proton hordozórakétával. A kb. 20 t-s Kozmosz–1443 öt hónapig volt összekapcsolt állapotban az űrállomással. A TKSz berepülését V. Ljahov és A. Alekszandrov végezte, akik a Szojuz-T-9 űrhajón június 28-án érkeztek a Szaljut–7-re.

A TKSz szállító-ellátó űrhajót augusztus 14-én leválasztották a Szaljut-7 űrállomáról, és háromszemélyes **Merkur** űrhajója aug. 23-án automatikus, teherszállító üzemmódban, űrhajósok nélkül sikeresen visszatért a földre. A Kozmosz-1443 orbitális egységét szept. 19-én lefékezték, belépve a sűrűbb légkörbe darabjai a Csendes-óceánba hullottak.

1983. március 15. A szovjetek kisméretű űrrepülőgépének, a **BOR-4**-nek sikeres kísérleti repülése **Kozmosz-1445** jelzéssel. Egy keringés után leszállt az Indiai-óceánra.

1983. március 23. Az orosz-francia együttműködésben létrehozott **Asztron** csillagászati műhold startja. A 3,5 tonnás műhold a Venyera szondák szerkezeti elemeit használta alapul, fedélzetén két optikai távcső és röntgenérzékelők voltak. Erősen elnyúlt, 2000–200 000 km közti magasságú pályája hosszú zavartalan megfigyelési időket tett lehetővé. Főleg csillagok és galaxisok ibolyántúli sugárzását tanulmányozta.

1983. április 4-9. A többször felhasználható amerikai űrrepülőgép-flotta **Challenger** nevű példányának (**STS-6**) első repülése. A berepülését P. Weitz, K. Bobko, S. Musgrave és D. Peterson űrhajósok végezték. Az űrrepülőgép rakterében felszállították és pályára indították a 2,3 tonnás TDRS-1 geostacionárius távközlési és adatközlítő műholdat. A Challenger leszállására az Edwards Légibázison került sor.

1983. május 26. Pályára állt az ESA első röntgenholdja, az **EXOSAT**. Az 510 kg tömegű csillagászati holdat Delta 3914 amerikai hordozórakéta indította Vandenberg légitámaszpontból. Feladata szupernóva-maradványok, galaxismagok, csillagkoronák, fehér törpék, galaxishalmazok röntgentartományban történő kutatása volt. Három műszere spektrumokat, felvételeket és fénygörbéket készített különböző energiasávokban (0,04-80 keV). A műhold elnyúlt, 300-190 000 km magasságig húzódó pályára állt, amely 90 órás folyamatos megfigyelést tett lehetővé. Mérései szerint a Tejútrendszer központjában egy hatalmas fekete lyuk lehet. 1983-1986 között csaknem kétezer röntgenmegfigyelést végzett.

1983. június 18-24. Őttagú személyzet tagjaként a világűrben repült az első amerikai űrhajósnő, Sally Ride a **Challenger** űrrepülőgépen (**STS-7**). Az űrrepülőgépről bérindítás keretében június 18-án pályára indították a kanadai Anik C2, június 19-én pedig az indonéz Palapa B1 geostacionárius távközlési műholdat. Június 22-én a kanadai robotkarral kihelyezték az 1,5 tonnás SPAS-1 platformot, amely önálló repülésén fotózta a Challengert és fedélzetén anyagtechnológiai kísérleteket is végeztek. A SPAS-1-et aztán befogták és visszahozták a földre. A leszállásra az Edwards Légibázison került sor.

1983 októberén Budapesten tartotta 34. kongresszusát a Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (International Astronautical Federation, IAF).

1983. október 10. és 14. Megkezdte a Vénusz északi féltekéjének radarterképezését a szovjet **Venyera-15**, illetve Venyera-16 űrszonda. A Venyera-15 1983. június 2-án indult Bajkonurból Proton hordozórakétával. Október 10-től 1984 júliusáig folytatta a bolygó radarterképezését. Testvérszondája, a **Venyera-16** 1983. június 7-én indult és október 14-től 1984 júliusáig működött Vénusz körüli pályán.

1983. november 1. és 3. A **Szaljut-7** űrállomás egyik napelemszárnyához egy-egy pótnapelemtáblát szerelt fel Ljahov és Alekszandrov űrhajós két kb. háromórás űrsétán. Ilyen külső napelemszerelést először hajtottak végre.

1983. november 28. - december 8. A **Columbia (STS-9)** űrrepülőgép öt amerikai és egy ESA űrhajóssal (U. Merbold) pályára vitte és kipróbálta a Spacelab elnevezésű, 15,7 tonnás hermetikus űrlaboratóriumot. A 7 m hosszú és 4,1 m átmérőjű Spacelab-ot az űrrepülőgép rakterében szállították Föld körüli pályára és abban hozták vissza. Az űrlaboratóriumban sok európai (58) és amerikai (13) orvosi, biológiai, űrtechnológiai, csillagászati, napfizikai, légköri és erőforrás-kutatási kísérletet hajtottak végre. A későbbiek során a Spacelab-ot átműszerezve még többször használták az űrrepülőgép rakterében.

1984. február 3-11. A **Challenger (STS-41B)** űrrepülőgép Föld körüli pályára szállított és kihelyezett két távközlési műholdat. A Westar-6 és Palapa B2 holdak gyorsító rakétaik hibája miatt nem jutottak geostacionárius pályára. (Az 1984. november 8-16. közti űrrepülőgép mentő repülésen az alacsony pályán maradt két holdat befogták és visszaszállították a földre.) Február 7-én B. McCandless amerikai űrhajós első ízben közlekedett a világűrben **rákétafotel** segítségével, köldökzsinór nélkül a Challenger űrrepülőgép környezetében. A Challenger az első Cape Canaveral-i leszállást hajtja végre.

1984. április 8. Kína saját hordozórakétájával felbocsátott egy kísérleti távközlési műholdat, a **Kína-15**-öt.

1984. április 6-13. Először helyeztek ki egy kereskedelmiért értékesített kísérletekkel felvitt műholdat (LDEF) és javítottak meg egy befogott csillagászati holdat (SMM). A **Challenger** űrrepülőgép (**STS-41C**), fedélzetén öt amerikai űrhajóssal 450 km magasságú pályára állt. A kanadai robotkarral kihelyezték a $9,1 \times 4,4 \times 4,3$ méteres, 9,7 tonna tömegű LDEF holdat, hosszúidejű önálló repülésre. A hold 57 amerikai, angol, dán, francia, holland, ír, kanadai, német, és svájci fizetett űrkísérletet szállított. A Challenger űrrepülőgép 1986. januári tragikus felrobbanása miatti késés következtében az LDEF holdat csak 1990. januárjában tudták visszahozni a földre. 1984. április 8-10. között a Challenger űrrepülőgép megközelítette a Solar Maximum Mission (SMM) napfizikai holdat, amely 1980. február 14. óta keringett a Föld körül. J. van Hoften és G. Nelson űrhajósok űrsétájuk során nem tudták leállítani a műhold pörgését. Végül április 10-én a robotkarral sikerült megfogni az SMM-et, és elhelyezték a raktérben lévő tartókengyelbe. Április 11-én Hart és van Hoften 6 órás űrsétán megjavította a holdat, lecserélte hibás elektronikus irányító egységét, majd újra pályára állították a Solar Maxot.

1984. július 25. A **Szaljut-7** űrállomásról a szovjet Szvetlana **Szavickaja** végrehajtotta a világ első női űrsétáját, és közben hegesztési kísérleteket is végzett. Szavickaja 1984. július 17-én indult V. Dzsanyibekov és I. Volk űrhajóssal a Szojuz-T-12 űrhajón Bajkonurból. Július 18-án az űrhajó automatikusan dokkolt az űrállomáson. A három űrhajós július 29-én tért vissza a földre Kazahsztánban. Szavickaja első űrrepülését 1982. augusztus 19-27. között hajtotta vége L. Popov és A. Szerebrov társaságában a Szojuz-T-7 űrhajóval a Szaljut-7 űrállomáson.

1984. augusztus 30. - szeptember 5. Első útjára indult a többször felhasználható amerikai űrrepülőgép-flotta **Discovery** nevű példánya (**STS-41D**) öt férfi és egy női űrhajóssal a fedélzetén. Az űrrepülésen a raktérben először próbálják ki a Nemzetközi Űrállomáshoz tervezett hatalmas napelemek összehajtogatott állapotból történő kinyitását 32 méter hosszúságra.

1984. október 2. 237 napos, rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre L. **Kizim**, V. **Szolovjov** és O. **Atykov** orosz űrhajós. A három kozmonauta 1984. február 8-án a Szojuz-T-10 űrhajóval indult a Szaljut-7 űrállomásra és onnan a Szojuz-T-11 űrkabinjában tért vissza.

1984. október 5-13. A Challenger űrrepülőgép (STS-41G) fedélzetéről hajtotta végre az első amerikai női űrsétát Kathryn Sullivan. Sally **Ride** űrhajósnő pedig először próbálta ki a magyar **Pille** sugárdózismérő műszer űrrepülőgépre modernizált változatát. Először repült hét űrhajós az űrrepülőgép fedélzetén és első alkalommal készítettek radarképeket a földfelszínről (SIR-B).

1984. november 8-16. A **Discovery** űrrepülőgéppel (**STS-19**, 51A) befogtak és visszahoztak két alacsony pályán rekedt távközlési műholdat, a Westar-6-ot és Palapa B2-t (lásd 1984. február 3-11.). A Palapa B2 holdat az 1984. november 12-ei űrsétán J. Allen és D. Gardner fogta be és rögzítette a raktérben. A másik holdat, a Westar-6-ot is a két űrhajós gyűjtötte be a november 14-ei űrsétán.

1985. január 7. Tanegashima űrbázisról Mu-3S hordozórakétával elindult a Halley-üstökös felé a **Szakigake** (Sakigake), a japánok kísérleti űrszondája. 1986. március 11-én a 136 kg tömegű Szakigake 7 millió km-re repült el az üstököstől és mérte a plazma, valamint mágneses tér adatait.

1985. június 6. Bajkonurból startolt a Szaljut-7 megmentésére küldött Szojuz-T-13 űrhajó V. Dzsanyibekovval és V. Szavinihkel. Az űrhajózás történetében először csatlakozott űrhajó egy hírkapcsolat nélküli lassan forgó űrállomáshoz. A két orosz kozmonauta fokozatosan üzembe helyezte az űrállomást, amelyen utánuk még két személyzet dolgozott.

1985. június 11 és 15. A szovjet **VEGA-1** illetve **VEGA-2** űrszondák által szállított, első **vénuszi ballonszondák** megérkeztek a Vénuszhoz, a leszálló egységek pedig elérték a felszínt. (Bajkonuri startok: 1984. december 15., illetve 21.). A légköri kutatóegységek a leszálló egységekről kb. 54 km magasságban választódtak le. A 3,5 m átmérőjűre felfúvódott ballonok alatt, a 13 m hosszú tartón függő műszeres gondolák mintegy 46

órán keresztül működtek. Lebegés közben mérték a bolygó légköri adatait, hőmérsékletét, nyomását, szélsébségét és a felhők sűrűségét. A VEGA vénuszi leszállója hasonló volt a harmadik generációs szovjet **Venyera** leszállókhöz (lásd 1975. október 22. és 1982. március 1.). VEGA-1 leszálló egysége 20 km-rel a felszín felett kezdett el működni, ezért a talajra érkezés után már nem küldött értékelhető adatokat. A VEGA-2 vénuszi leszállója a felszínen 56 percen keresztül működött, talajmintát vett és analizálta annak összetételét. A VEGA anyaszondák a Vénusz mellett elrepülve folytatták útjukat a Halley-üstökös felé (lásd 1986. március 6.).

1985. szeptember 11. Első találkozás egy üstökössel: az amerikai **ICE** (ISEE-3) űrszonda mintegy 10000 km-nyire közelítette meg a Giacobini-Zinner-üstököst és méréseket végzett annak csóvájában.

1985. október 3-7. A többször felhasználható amerikai űrrepülőgépflootta **Atlantis** nevű példányának (**STS-51J**) első útja.

1985. október 30. - november 6. Először repült űrrepülőgépen nyolc űrhajós. A **Challenger** (**STS-61A**) fedélzetén az öt amerikai mellett két német (R. Furrer és E. Messerschmid) és egy holland (W. Ockels) asztronauta is járt Föld körüli pályán és dolgoztak a német műszerezettségű Spacelab-D1 laboratóriumban.

1986. január 4. A Voyager-2 (Cape Canaveral-i start: 1977. augusztus 20., Jupiter-közel: 1979. július 9., Szaturnusz-közel: 1981. augusztus 26.) az első közelfelvételeket és méréseket készített az **Uránuszról**. Továbbrepült a Neptunusz felé.

1986. január 28. A **Challenger** űrrepülőgép-rendszerben, a Kennedy Űrrepülőtérről történő felszállás 73. másodpercében műszaki hiba következett be. Az éjszakai hideg miatt az oldalsó szilárd hajtóanyagú fokozat gumitömítése átégett és ezért 22 km magasságban a nagy hajtóanyagtartályból kiömlő oxigén és hidrogén felrobbant. A Challenger hétagú személyzetének tagjai, Francis Scobee, Michael Smith, Ellison Onizuka, Ronald McNair, Judith Resnik, Gregory Jarvis űrhajósok és Christa McAuliffe tanárnő életüket veszítették. Az űrrepülőgép és a szállítórendszer darabjai Cape Canaveral-tól 27 km-re északra az Atlanti-óceánba hullottak.

1986. február 19. A Szovjetunióból felbocsátották a **Mir** űrállomást, amelyet később modulokból tovább építettek. Ez volt a világ eddigi leghosszabb ideig, 15 évig működő űrállomása. A Mirnél próbálták ki az újabb orosz személyszállító Szozuz-TM és teherszállító Progressz-M, valamint a Progressz-M1 típusú űrhajókat. A Mir modulűrállomáson az orosz és amerikai űrhajósok mellett más nemzetiségű asztronauták is dolgoztak (1987: M. Faris szír; 1988: A. Alekszandrov bolgár, A. Mohmand afgán, J.-L. Chrétien francia; 1990: T. Akijama japán; 1991: H. Sharman angol, T. Aubakirov kazah, F. Viehböck osztrák; 1992: K.-D. Flade német, M. Tognini francia; 1993: J.-L. Haignere francia; 1994: U. Merbold ESA; 1995 T. Reiter ESA, C. Hadfield kanadai; 1996: C. Andre-Deshays francia; 1997: R. Ewald német, J.-F. Clervoy ESA, J.-L. Chrétien francia; 1998: L. Eyharts francia; 1999: J.-P. Haignere francia, I. Bella szlovák).

A Mir és a hozzákapcsolt modulok (1987: Kvant-1, 1989: Kvant-2, 1990: Krisztall, 1995: Szpektr, Dokkoló modul, 1996: Priroda) repülését 2001. március 23-án fejezték be a Progressz-M1-5 teherűrhajóval történő lefékezésével. A kb. 140 tonnás modulűrállomás-rendszer belépett a sűrűbb légkörbe, szétégett, illetve megsemmisült. Darabjai a Csendes-óceán lakatlan, kevésbé hajózott részén hullottak a vízbe.

1986. március 6. és 9. A szovjet **VEGA-1**, illetve **VEGA-2** űrszonda kb. 8000-9000 km-nyire repült el a Halley-üstökös magja mellett. (Bajkonuri startok: 1984. december 15. illetve 21.) A VEGA-k nemzeti együtműködésben készített műszereikkel felvételeket, színképi és egyéb méréseket készítettek, valamint vizsgálták az üstököslégkör összetevőit és a magból történő sugárirányú kitöréseket (jet-eket). A 4,9 tonna tömegű VEGA (Venyera-GAllej) űrszonda a harmadik generációs Venyera szonda módosított változata, amely egy vénuszi egységből (lásd 1985. június 11.) és a Halley-üstököst kutató űrszondából, az anyaszondából állt. A **VEGA Halley-szonda** főbb műszerei: kis- és nagyfelbontású televíziós képfelvévő, háromcsatornás spektrométer, infravörös szonda, nagyenergiájú részecskekeleszkóp (Tünde), tömegspektrométer (Plazmag), magnetométer (MISCHA). A szondák energiaellátását napelemszárnyak, az adatok Földre küldését parabolaantenna, a felvévő rendszerek üstökösre irányítását pedig egy

automatikusan vezérelt forgóplatform biztosította. Az űrszondák fedélzetén több magyar berendezés is repült (BLISZI mérési adatgyűjtő, tv-vezérlő elektronika, Plazmag, Tünde). A VEGA-k fontosabb mérési eredményei: a Halley-üstökös magjának mérete $14 \times 7,5 \times 7,5$ km, forgási periódusa 53 óra, a felszín fekete, a napfénynek alig 4%-át veri vissza, a légkörben vízgőzt is találtak.

1986. március 8. A japánok üstökösszondája, a **Szuisei** (Suisai; kagoshimai start: 1985. augusztus 18.) kb. 151 ezer km-re repült el a Halley-üstökös mellett. A Szuisei fotometriai és plazmaméréseket végzett.

1986. március 14. Az ESA **Giotto**-szondája (kouroui start: 1985. július 2.) 540 km-nyire repült el a **Halley-üstökös** magjától, fotózta és különféle méréseket végzett. A Giotto-űrszonda 1992. július 10-én megközelítette a Grigg-Skjellerup-üstököst és annak légkörében is méréseket végzett.

1986. május 6. Először repültek űrhajósok egyik űrállomásról egy másikra. L. Kizim és V. Szolovjov a **Szojuz-T-15** űrhajóval a Mir űrállomásról átrepült a Szaljut-7 űrállomásra, ahol 50 napot dolgoztak. A munka befejeztével a Szaljut-7-ről összegyűjtött kisebb műszerekkel és berendezésekkel visszarepültek a Mir űrállomásra. Összesen 236 napos, rekordhosszúságú űrrepülést hajtottak végre.

1987. február 5. Először startolt az új, Szojuz-TM típusú szovjet személyűrhajó személyezettel, J. Romanyenko és A. Lavejkin űrhajósokkal (**Szojuz-TM-2**). Az új űrhajó szerkezete, külső formája azonos a régivel, de új a fedélzeti számítógép, a Kursz dokkoló rendszer. A Kursz lehetőséget teremtett arra, hogy a régi 30 km-es távolság helyett 100 km-ről lehessen az automatikus űrrandevút és dokkolást végrehajtani. Új volt a rádiórendszer, a korrekciós hajtómű, a hajtóanyagtartályok. Az új leszálló ejtőernyőt 120 kg-mal megkönnyítették, ami lehetővé tette egy eredményeket lehozó tartály beépítését a leszálló egységbe. Az orbitális kabinba egy második pultot és megfigyelő ablakot építettek be a kézi vezérlésű összekapcsoláshoz. A simaleszállító hajtóműveket is megújították.

1987. március 31. A Szovjetunióból felbocsátották a **Mir** űrállomás-rendszer második elemét, a **Kvant-1** csillagászati modult. A Kvant-1-et Proton hordozórakéta indította Bajkonurból és Föld körüli pályán az ún. funkcionális-teherszállító egység juttatta és dokkolta az űrállomás hátulsó összekapcsolójához. A szállító egység aztán elvált a 11 tonna tömegű, 35 m³ hermetikus térfogatú, 5,8 m hosszú és maximálisan 4,1 m átmérőjű Kvant-1-től. A modulban és külső, nem hermetikusan zárt részén biológiai kísérleti berendezéseket, fotókamerát, különféle, az ultraibolya és röntgentartományban működő csillagászati műszereket helyeztek el.

1987. május 15. A szovjet **Enyergija** űrállomás első, sikeres indítása. A 2400 tonnás Enyergija oldalsó, első négy fokozata és középső második fokozata jól működött. 110 km magasságban, a repülés 460. másodpercében a felszállított 77 tonna tömegű, közel 37 m hosszú és 4 m átmérőjű **Poljusz** nevű műhold sikeresen levált. Orientációs rendszerének hibája miatt azonban a nagyteljesítményű lézerágyúval felszerelt, és Mir-2-nek elkeresztelt Poljusz műhold nem jutott Föld körüli pályára, hanem a Csendes-óceánba zuhant. Ez volt az első olyan orosz rakétaindítás, amelynek során a hasznos teher nem a hordozórakéta orrán, hanem aszimmetrikusan, oldalt volt elhelyezve.

1987. július 22-30. M. Faris végrehajtja az első szíri űrrepülést a Mir űrállomáson. Faris a Szojuz-TM-3 űrhajóval indult A. Viktorenko és A. Alekszandrov kozmonautákkal. 1987. július 24-én átszállt az űrállomásra, ahonnan Viktorenko és A. Lavejkin orosz űrhajósokkal együtt tért vissza a földre a Szojuz-TM-2 űrkabinjában.

1988. március 17. A Szovjetunióból Vosztok hordozórakétával indították az indiai **IRS-1A** műholdat. Ez volt az első szovjet bérindítás.

1988. június 15. Először indították el az ESA **Ariane-4** hordozórakétáját. A Francia Guyana-i Kourou űrbázisról startolt 245 tonnás Ariane-4 pályára vitte a Meteosat-P2, az OSCAR-13 és a PanAmSat-1 műholdakat. Az Ariane-4 hordozórakétát 1988 és 2003. február 15. között 108-szor indították és csak három hibás start történt.

1988. július 5. Szolgálatba állt az első **Okean-1** nevű, szovjet tengerészeti radarmegfigyelő műhold.

1988. augusztus 29. - szeptember 7. M. Mohmand végrehajtja az első afgán űrrepülést a Mir űrállomáson. Mohmand a Szojuz-TM-6 űrhajóval indult V. Ljahov és V. Poljakov kozmonautákkal. 1988. augusztus 31-én átszállt az űrállomásra, ahonnan Ljahovval együtt tért vissza a földre a Szojuz-TM-5 űrkabinjában. A leszállás meglehetősen drámai körülmények között zajlott le, az eredeti tervhez képest egy nappal később. Az űrhajóról idő előtt vált le az orbitális kabin, nem kapcsolódott be a fékezőhajtómű, a fedélzeti számítógép leszállás helyett dokkolási fékezést indított, majd a végső fékezés előtt az automatika le akarta választani az űrkabinról a műszaki egységet is. Ez utóbbi lehetetlenné tette volna az űrkabin visszatérését és az űrhajósok halálát jelentette volna. Az életben maradás és a sikeres földetérés Ljahov parancsnok határozottságának és lélekjelenlétének köszönhető, aki gyors reagálással, többszöri kézi vezérléssel tiltotta le az automatika hibás utasításait. Ennek ellenére egy napot kellett várniuk a sok visszaszállított kutatási anyag miatti szűk kabinban, étlen-szomjan, az ülésekbe szorulva. Végül szeptember 7-én az automatika jól működött és sikeresen leszálltak az űrhajósok.

1988. szeptember 19. Izrael a világon nyolcadikként saját, Shavit nevű hordozórakétával indította a Negev-sivatagból az **Offeq** (Ofek, „látóhatár”) nevű kísérleti műholdját. A 156 kg-os műhold 250-1154 km magasságú pályára került.

1988. szeptember 29. - október 3. A Challenger 1986-os katasztrófája után első ízben járt amerikai űrrepülőgép a világűrben. A **Discoveryt (STS-26)** öt űrhajóssal Cape Canaveral-ról indították. Sikeresen pályára helyezett egy adatközlő műholdat (TDRS-C), majd az Edwards Légibázison sikeresen leszállították.

1988. november 3. Hibás rádióparancs miatt a július 7-én indított szovjet **Fobosz-1** Mars-szondával az összeköttetés végleg megszűnt *(fedélzetén és leszállóján több magyar műszer is repült)*.

1988. november 15. Sikeres automatikus, pilóták nélküli repülést hajtott végre az első szovjet űrrepülőgép, a 105 tonna tömegű **Burán**, melyet az **Enyergija** hordozórakéta indított. Két Föld körüli keringés után a Burán rakétás fékezéssel, majd siklórepüléssel pontosan földetért a bajkonuri kozmodromon kialakított leszállópályán. A sikeres start ellenére az Enyergija hordozórakéták indítását és a Burán űrrepülőgép újabb repüléseit pénzügyi fedezet hiányában az oroszok 1992-ben leállították.

1988. december 9. Az első nem szovjet, illetve amerikai űrsétát a Mir űrállomás fedélzetéről a francia **Jean-Loup Chrétien** hajtotta végre. Chrétien 1988. november 26-án Bajkonurból indult Szojuz-TM-7 űrhajón A. Volkov és Sz. Krikaljov szovjet űrhajósokkal a Mirre. 25 napos űrrepülés után a Szojuz-TM-6 űrkabinjában szállt le a földre december 21-én.

1988. december 21. 366 napos, rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre V. **Tyitov** és M. **Manarov** orosz űrhajós. A két kozmonauta 1987. december 21-én a Szojuz-TM-4 űrhajóval indult a Mir űrállomásra és onnan a Szojuz-TM-6 űrkabinjában tért vissza.

1989. március 27. Megszakadt a rádiókapcsolat a Mars körül keringő, és Phobos holdjának megközelítésére készült szovjet **Fobosz-2**-vel *(fedélzetén és leszállóján több magyar műszer is repült)*. A harmadik nemzedékű űrszonda Bajkonur űrrepülőtérrel indult 1988. július 12-én, Proton hordozórakétával. A Fobosz-2 1989. január 29-én állt Mars körüli pályára. A Mars és a Phobos közeli fotózása és vizsgálata sikerült, azonban a 27 km átmérőjű holdra való rárepülés előtt az űrszonda elhallgatott.

1989. május 4-8. Amerikai űrrepülőgép először indított űrszondát Föld körüli pályáról. Az **Atlantis (STS-30)** öt űrhajóssal a fedélzetén Cape Canaveral-ról startolt. Május 5-én a fedélzetről kihelyezték a kétfokozatú IUS rakétával a 3,4 tonna tömegű **Magellan** űrszondát, melyet a Vénusz radaros feltérképezésére szántak. Az űrszondát aztán az IUS-rakéta indította a Naprendszer belseje felé. A Magellan 1990. augusztus 10. és 1994. október 12. között működött Vénusz körüli pályán.

1989. augusztus 8. Elindult a **Hipparcos**, az ESA asztrometriai műholdja. Ez az első olyan hold, amely a csillagok pozícióját, távolságát, mozgását, fényességét és színét mérte meg. A Hipparcos adatainak alapján több mint 100 000 ezer csillag helyét határozták meg, a korábbiaknál 200-szor pontosabban. Az 1,14 t tömegű hold főműszere egy 29 cm átmérőjű Schmidt-távcső, további mérőberendezése két csillagtérképező

fényérzékelő (fotoelektron-sokszorozó), amely a Tycho-kísérletben több mint 1 millió csillagászati objektum pozíciójának meghatározására szolgált. A műhold lassú forgatásával (2 óránként egy fordulat) tapogatták le a csillagos égboltot és érzékelték az égi objektumokat. A Hipparcos 1993. augusztus 15-ig működött és közvetítette adatait. A hold 1989-1993 közötti méréseinek adatait 1997-ben a Hipparcos Katalógusban (118 ezer csillag) és Tycho Katalógusban (1058 ezer csillag) adták közre.

1989. augusztus 23. A Szovjetunióból felbocsátottak egy új típusú teherűrhajót, a **Progressz-M-1**-et a Mir modulűrállomáshoz. A fejlesztés lényege, hogy ennél a teherűrhajónál már az új, Szojuz-TM személyűrhajó rendszereit építették be. A Progressz-M önálló repülési ideje 30 nap lett (a régi Progressz 4 napja helyett), míg az űrállomással dokkolva üzemideje 180 napra növekedett (régen ez 90 nap volt).

1989. augusztus 24. Az első közelfelvételeket készítette el a Neptunuszról és holdrendszeréről az amerikai **Voyager-2**. Sok ezer év múlva kirepül a csillagközi térbe.

1989. október 18-23. Az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS-34**) ötfőnyi személyzettel felszállította a Jupiter bolygó vizsgálatára szánt **Galileo**-űrszondát. Föld körüli pályán, október 18-án az űrrepülőgép fedélzetéről kihelyezték az összesen 20 tonnás IUS-rakétát és az űrszondát. Az IUS aztán elindította a szondát a Naprendszerben „keringőző”, sok égitestet megközelítő és vizsgáló, gravitációs manőverekkel alakított pályájára. A Galileo 1995. november és 2003. szeptember között tanulmányozta az óriás Jupiter világát (lásd 1995. december 7-nél).

1989. november 26. A Szovjetunióból felbocsátották a Mir űrállomásrendszer harmadik elemét, a **Kvant-2** kiegészítő és kutató modult. A 19,6 tonnás Kvant-2-t Proton-K hordozórakéta indította Bajkonurból. A modult csak 1989. december 6-án sikerült az űrállomás elülső összekapcsolójához dokkolni. Innen két nap múlva egy kis karral átforgatták az oldalsó egységhez, majd véglegesen odakapcsolták. A háromhelyiséges, 59 m³ hermetikus térfogatú, 12,4 m hosszú, 4,1 m átmérőjű Kvant-2 a Mir lakó- és kutatólehetőségeit bővítette. A legnagyobb helyiségben raktárt, zuhanyozós fürdőkabin, körülötte hajtóműveket, hajtóanyagtartályokat helyeztek el. A kisebb tudományos kabinból irányították a fotókamerákat, színeképelemző és egyéb kutatóműszereket. A legkisebb kabin volt a szkafandertároló és zsilipkamra, ahonnan az űrhajósok a külső munkákra, azaz az űrsétákra kiszállhattak az űrállomásról.

1990. január 24. Elnyúlt pályára állt a japán **Hiten** űrszonda, melyről 1990. március 18-án levált a **Hagoromo** szonda, de a Hold körüli pályára álláskor a hírcapcsolat megszakadt vele. A Hiten űrszonda 1992-ben szintén Hold körüli pályára állt.

1990. február 1. A Szerebrov működés közben kipróbálta az **Ikar** nevű szovjet rakétaszéket. Az űrséta folyamán 33 m-nyire távolodott el a Mir űrállomástól, amelyhez egy acéldrót rögzítette.

1990. április 5. Először használtak egy repülőgépről indított rakétát, az amerikai **Pegasus**. Az Orbital Sciences Corporation cég által épített háromfokozatú szilárdtültetű hordozórakétát mintegy 12 km magasságból, repülőgépről leválasztva indítják, és mintegy 10 perc alatt juttat kisebb műholdakat Föld körüli pályára. 1990-2006 között 37 indítást hajtottak végre a 23 tonna tömegű Pegasus szárnyas rakétával.

1990. április 24-29. A **Discovery** űrrepülőgéppel (**STS-31**) vittek fel egy óriási amerikai távcsövet. A **Hubble-űrtávcső (HST)** a NASA négy darabból álló csillagászati műhold-sorozatának első nagy, a látható tartományban dolgozó, 2,4 méter átmérőjű tükörrel ellátott távcsöve. A későbbi műszercserék és javítások (1993. december: **STS-61**, 1997. február: **STS-82**, 1999. december: **STS-103**, 2002. március: **STS-109**, 2008. szeptember?) következtében az amerikaiak tervei szerint még 2010 után is használható lesz a Hubble-űrtávcső. Az űrrepülőgép 615 km magas körpályára állt és 1990. április 25-én, miután kinyitották a távcső napelemeit és antennáját, a robotkarral pályára helyezték az üzemkész 12,5 tonnás HST-t. Az űrtávcső induláskor négy műszerrel, egy széleslátószögű planetáris kamerával (WFPC), halvány objektumok megfigyelésére szolgáló kamerájával (FOC) és színeképelemzőjével (FOS), egy nagyfelbontású színeképelemzővel (GHRS) és egy gyorsfotométerrel (HSP) volt felszerelve. Két hónap múlva, a próbaképek alapján kiderült, hogy a 2,4 m átmérőjű **HST-tükör** hibás, kissé laposabbra csiszolták és ezért az égi objektumok elmosódottabbak, mint várták. Ezért egy korrekciós lencserend-

szert készítettek. Ezt az 1993. decemberi űrrepülésen (**STS-61**) űrrepülőgéppel felszállították, beszerelték, azaz szemüveget kapott az űrtávcső. A HST optikájának űrbeli javítása után fantasztikusan részletes képeket szolgáltatott az égi objektumokról.

1990. május 31. Bajkonur Űrrepülőtérről indították a Mir űrállomásrendszer negyedik elemét, a **Krisztall** anyagtechnológiai és kutatómodult. A 19,6 tonnás modul csak másodszori próbálkozásra, 1990. június 10-én sikerült az űrállomás elülső összekapcsolójához dokkolni. Innen egy nap múlva átforgatták a Kvant-2 modullal átellenben lévő, oldalsó összekapcsolóra. A kéthelyiséges, 64 m³ hermetikus térfogatú, 12 m hosszú, 4,1 m átmérőjű Krisztall a Mir kutató és dokkolási lehetőségeit bővítette tovább. A legnagyobb helyiségben futószőnyeget, olvasztó-kristályosító berendezéseket, kis üvegházat és egy elektroforetikus berendezést, kívül pedig hajtóműveket, hajtóanyagtartályokat és két harmónikaszzerűen kinyitható napelemszárnyat helyeztek el. Ezeket a napelemeket 1995-ben összehajtották, leszerelték és átvitték a **Kvant-1** modulra. A Krisztall kisebb műszeres-dokkoló kabinjából irányították a fotókamerákat, szinképelemzőket és egy ultraibolya fényre érzékeny távcsövet. A kabin végében két egységesített amerikai-orosz összekapcsolót, az **APASz-89**-et helyezték el. Az APASz-okhoz az eredeti tervek szerint az orosz űrrepülőgépet és annak tudományos blokkját szerelték volna kapcsolni (lásd 1988. november 15.), de a **Burán**-program leállítása miatt ez elmaradt. A Krisztall hossztengetlyi APASz-dokkolójára 1995. novemberében az amerikai Atlantis űrrepülőgép csatlakoztatta az ún. **Dokkolómodult**, amely a NASA űrrepülőgépek kikötője lett a Mir modulűrállomáson.

1990. augusztus 10. **Vénusz** körüli pályára állt az amerikai **Magellan** űrszonda (Cape Canaveral-i start: 1989. máj. 4., lásd ott), és megkezdte a bolygó teljes felszínének részletes radarfelderítését. 1992 szeptemberére a Vénusz felszínének 98%-át feltérképezte. 1994. okt. 12-éig folytatta kutatásait, akkor beléptették a Vénusz légkörébe és elégett.

1990. október 6-10. Az ESA **Ulysses** napszondáját az IUS-fokozattal a **Discovery** űrrepülőgép (**STS-41**) helyezte Föld körüli pályára. A 369 kg-os napszonda rakétájának működtetésével aztán elindult a Jupiter felé. 1992 februárjában a Jupiter lendítőereje a Nap pólusai fölött húzódó pályára helyezte az űrszondát. Az Ulysses feladata a Nap különféle jelenségeinek és sugárzásainak vizsgálata. 1994. június és október között a déli pólusnál, 1995. június és szeptember között pedig az északi felett repülve az Ulysses felfedezte, hogy kétféle, lassú és gyors napszél létezik. Mivel a szonda és berendezései jól működnek, kutatási programját, *amelyben magyar szakemberek is részt vesznek*, 2008-ig meghosszabbították.

1990. november 28. A szovjet **Raduga** visszatérő tartály először szállított kutatási eredményeket a földre. A Mir űrállomásról leválasztott Progressz-M-5 teherűrhajó orbitális fülkéjének dokkolójából indították az ejtőernyős leszálláshoz a Raduga kapszulát.

1990. december 2-12. T. **Akijama** tv-riporter az első japán, aki űrrepülésen vett részt. Bajkonurból indult a Szojuz-TM-11 űrhajón V. Afanaszjev és M. Manarov orosz űrhajósokkal. 1990. december 4-én szállt át a **Mir** modulűrállomásra, majd a Szojuz-TM-10 űrkabinjában G. Manakov és G. Sztrekalov kozmonautákkal tért vissza a földre. Akijama, aki nagyon rosszul érezte magát a súlytalanság állapotában, lényegileg egy űrturista repülést hajtott végre. Az első japán profi űrhajós M. **Mohri** 1992. szeptember 12-20. között dolgozott az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-47**) fedélzetén. Mohri hat amerikai űrhajós társával a **Spacelab-J** űrlaboratórium fedélzetén orvosi biológiai és anyagtechnológiai kísérleteket végzett.

1991. január 23. Felszerelték az első orosz **Sztrela** („nyíl”) elnevezésű robotkart a **Mir** űrállomás alapegységére. A Sztrela elemeit és a szerelési eszközöket a Progressz-M-6 teherűrhajó szállította 1991. január 6-án az űrállomásra. A robotkar külső szerelést V. Afanaszjev és M. Manarov orosz kozmonauták végezték. A Sztrela 10 db teleszkóposan egymásba helyezett, 2 mm vastag falú fémcsőből állt. A legalsó 20 cm, a legfelső 10 cm átmérőjű volt. Az összesen 40 kg tömegű oszlopot max. 14 m hosszúra lehet kihúzni. A robotkart az alapnál az egyik űrhajós kézi módszerrel forgatta, és arra szolgált, hogy a különféle moduloknál lévő eszközöket a másik űrhajós máshova egyszerűbben juttathassa el, mintha az űrállomás felületén mászna végig. A Sztrela beváltotta a tervezői elképzeléseket, ilyen típusú karokat a **Nemzetközi Űrállomás** orosz részére is szereltek.

1991. március 31. Felbocsátották a szovjet katonai űrállomásból kifejlesztett radarműholdat, az **Almaz-1**-et. A start Proton hordozórakétával Bajkonur űrrepülőtérrel történt. Az Almaz-1 fedélzetén 4,5 tonna tömegű műszert helyeztek el. Oldalranéző rádiólokátora (SAR) 10-15 méteres felbontással, időjárástól és napszaktól függetlenül készítette felvételeit a földfelszínről. A műhold műszerezettsége lehetővé tette a megfigyelési adatoknak a távérzékelés különféle területein (térképezés, nyersanyagkeresés, hidrológia, oceanológia, mezőgazdaság, környezetvédelem, felderítés, stb.) történő hasznosítását. Az automatikusan működő Almaz rendszert 1989-ben a **Kozmosz-1870** holddal próbálták ki. Két éven keresztül 5 millió km² területről készített 25-30 méteres felbontású felvételeket.

1991. április 5-11. Az **Atlantis** űrrepülőgéppel (**STS-37**) felvitték a **Compton (GRO)** űrtávcsövet. Ez a NASA négy darabból álló nagy csillagászati műholdsorozatának második, a gamma- és röntgensugárzás tartományában dolgozó távcsöve. Az Atlantis űrrepülőgép 450 km magas körpályára vitte a GRO távcsövet. 1991. április 7-én kihajtogatták a Compton napelemeit, azonban 1,5 m átmérőjű parabolaantennájának tartórúdja hatszori távirányítású próbálkozásra sem nyílt ki. Ezért szükség volt egy rendkívüli űrsétára, amelyen J. Ross kiszabadította az antenntartó rudat, és az üzemkész 15,6 tonnás Compton obszervatóriumot pályára állíthatták. Az űrtávcsövet négy műszerrel, egy gammaviharokat észlelővel, egy szcintillációs színeképelemzővel, egy Compton-teleszkóppal és egy nagyenergiájú gammasugárzás érzékelővel látták el. A GRO kilenc éven keresztül működött és 2000. július 4-én a sűrűbb légkörbe léptetve fejezte be programját.

1991. július 15, 19, 23 és 27. A. Arcebarszkij és Sz. Krikaljov kozmonauták a **Mir** űrállomás **Kvant-1** moduljára szereltek egy 15 méter hosszú, **Szofora** elnevezésű rácsos oszlopot. Az orosz űrhajósok négy űrséta során titán-nikkel ötvözetből készült, emlékező fémcsövekből szerelték össze az oszlopot. A Szofora elemeit és a szerelési berendezéseket a Progressz-M-8 teherűrhajó szállította 1991. június 1-jén az űrállomásra. 1992. szeptemberében az oszlop tetejére egy hajtóművet szereltek (lásd 1992. szeptember 3.)

1991. október 2-10. Az első osztrák űrhajós, F. **Viehböck** és T. **Aubakirov**, az első kazah kozmonauta a Szojuz-TM-13 űrhajón A. Volkov parancsnokságával az orosz Mir űrállomásra indult, nyolc napos látogató űrrepülésre. Viehböck és Aubakirov a földre a Szojuz-TM-12 űrkabinjában tért vissza, A. Arcebarszkij parancsnokkal.

1991. október 29. Az amerikai **Galileo** szonda (földi start: 1989. október 18., lásd ott) megközelítette a Gaspra kisbolygót, és elsőként készített felvételeket róla. A képeken felfedezték a Gaspra kis holdját és barázdált felszíni alakzatait is.

1992. január 6. Megalakult a Magyar Űrkutatási Iroda (MŰI). Előtte az Űrkutatási Kormánybizottság, majd az MTA Interkozmosz Tanácsa felügyelte a hazai űrtevékenységet. A MŰI 2006. január 1-től az Informatikai és Hírközlési Minisztérium, június 9-től július 31-ig a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium főosztályaként működött. 2006. augusztus 1-től a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium osztálya.

1992. május 7-16. Első útjára indult a többször felhasználható amerikai űrrepülőgép-flotta **Endeavour (STS-49)** nevű példánya. Ezt az új űrrepülőgépet a **Challenger** pótlására építették, amely 1986. január 28-án a felszállás közben felrobbant. Az Endeavour űrrepülésen az Intelsat-6 távközlési holdat befogták és egy új gyorsítórakétával küldték pályára. Az **Intelsat-6**-ot 1990. március 14-én vitte pályára egy Titan-3 hordozórakéta. A gyorsítórakéta hibája miatt azonban a geostacionárius pályára jutás nem sikerült, ezért a műhold alacsony Föld körüli pályán rekedt. 1992. május 10-én az Endeavour űrrepülőgép megközelítette a forgó Intelsat-6-ot, azonban befogása két űrsétán két-két űrhajós (P. Thuot, R. Hieb és Th. Akers) megfogni és a raktérben felszállított gyorsítórakétához kapcsolni. (Első alkalommal hajtottak vége űrrepülőgépről hárman űrsétát a kétszemélyes zsilipkabinból.) A sikeres külső akció után már belülről követhették a távközlési hold május 14-i kilökését a raktérből. Az Orbis-21S gyorsítórakéta aztán az Intelsat-6-ot sikeresen feljuttatta a geostacionárius pályára.

1992. szeptember 3, 7 és 11. A *Mir* űrállomás Kvant–1 modulján lévő **Szofora** oszlopra három űrséta során egy **VDU** jelű kihelyezett hajtóművet szereltek fel. A VDU-t a Progressz–M-14 teherűrhajó szállította a Mirhez 1992. augusztus 18-án. A. Szolovjov és Sz. Avgyejev űrhajósok az első űrsétán a teherűrhajóból kiemelték a 750 kg tömegű hajtóművet. Második alkalommal a Szofora rácsos oszlopban végigvezették a távirányításhoz szükséges elektromos kábelt. Érdekesség, hogy ezen az űrsétán a Szofora oszlop tetejéről levették a szovjet vörös zászló maradvékát, a zászlórudat és cérnafoszálványokat. A zászlót még 1991. július 27-én tűzte ki Arcebarszkij űrhajós az oszlop tetejére (lásd 1991. január 23-nál) és mire megszűnt a Szovjetunió, a kozmikus viszonyok szétfoszlatták a vörös anyagot. A harmadik űrsétán a középen lehajtott és a Progressz űrhajóhoz érő Szofora oszlop tetejéhez erősítették a VDU-hajtóművet, majd ismét felállították.

1992. szeptember 12. Először indult a világűrbe egy házaspár az amerikai **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-47**) fedélzetén. (Az űrrepülés után a házasságból válás lett.)

1993. január 26. Először próbálják ki az orosz **APASz-89** jelű androgin-periferiális dokkolót a *Mir* űrállomás Krisztall nevű modulján. Az összekapcsolódást G. Manakov és A. Polescsuk űrhajósok hajtják végre a **Szozuz-TM-16**-tal. Eredetileg ezt a Szozuz űrhajót, amely a 101-es gyári sorszámot kapta, arra tervezték, hogy a **Burán-2** űrkísérletben dokkoljon az orosz űrrepülőgéphez és gyakorolhassák a személyzet mentésének módszereit. Mivel a Burán repüléseket leállították és a 101-es űrhajó műszaki élettartama végéhez közeledett, döntöttek úgy, hogy a Mir-programban használják fel. Az APASz-89 szerkezetet az 1975-ös első amerikai-orosz Apollo-Szozuz közös űrrepülésre kialakított **APASz-75**-ből fejlesztették. Ma az APASz-hoz hasonló összekapcsoló szerkezeteket a Nemzetközi Űrállomás amerikai moduljain használnak.

1993. február 4. Az oroszok sikeresen kinyitják az első naptüköröt, illetve napvitorlás modellt (**Znamja-2**). A *Mir* űrállomás két űrhajósa, G. Manakov és A. Polescsuk a Kvant–1 modulban a **Progressz-M-15** teherűrhajó dokkolóján lévő ajtó aktív összekapcsoló helyére erősítették egy elektromotorral hajtott forgatószerkezetet. Ez a 40 kg-os Znamja–2 berendezés 4 kg tömegű, vékony kevlar műanyagra felvitt, 5 mikrométer vastagságú alumínium felületből álló összetekert naptükörfóliát tartalmazott. A Progressz–M-15-öt 1993. február 4-én hajnalban leválasztották és 150 méterre megkezdődött a naptükör nyitása. Az elektromos motorral megpörgetett berendezésen a centrifugális erő hatására a nyolc szegmensből álló tükör egyre nagyobb és nagyobb átmérőjűvé vált. A teljes, 20 méterre való kinyitás 6 percet vett igénybe. Az Európa fölött 390 kilométeres magasságban áthaladó két objektumot jól meg lehetett figyelni. Az űrtükörről visszaverődött napfény 4 kilométer átmérőjű foltja Spanyolországtól Belorussziáig az európai kontinensen vonult végig. A fényjelenség ötször erősebb volt a teliholdnál. Magyarországon a ködös időjárás ellenére is látták a két fényes, gyorsan repülő égi objektumot. A *Mir* űrhajósaik szabad szemmel is megfigyelték az Európán végighaladó fényfoltot. A kísérlet sikeres befejezése után a Znamja–2-t leválasztották a teherűrhajóról, de a forgó tükört még néhány napon át lehetett látni.

1993. június 21. - július 1. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-57**) hatfőnyi személyzete felvitt, és a raktérben kipróbált egy új űrlaboratóriumot. A **Spacehab** hermetikus űrlaboratórium amerikai fejlesztésű. A kisebb kabinban 2,17 tonna tömegű kísérleti berendezés, a kétszeres méretű Spacehab-ben pedig 4,1 tonna műszer helyezhető el. A Spacehab laboratóriumot többször használták kutatási helyként a Mirhez és a Nemzetközi Űrállomáshoz induló űrrepülőgépek rakterében.

1993. július 3. A *Mir* űrállomáson orosz űrhajósok végrehajtották a **Rodeó**-kísérletet. A kísérletben egyszerre volt két személy és két teherűrhajó az űrállomás közelében. A modulűrállomást 180 méterre megközelítő Szozuz-TM-17 űrhajóról Haignere francia, Ciblijev és Szerebrov orosz űrhajósok megfigyelték, fotózták és videózták, amint a Miren dokkoló három űrhajó közül az egyik, a Progressz–M-18 teher leválik. Az eltávozott űrhajó helyére aztán csatlakoztatták a Szozuz-TM-17-et.

1993. augusztus 18. Első alkalommal emelkedik fel sikeresen, majd oldalmanőverek után függőlegesen ereszkedik le a teljes egészében újra felhasználható, egyfokozatú amerikai kísérleti űrjármű, a **Delta Clipper**.

1993. augusztus 21. Három nappal a Mars körüli pályára állás előtt megszakadt a kapcsolat az amerikai **Mars Observerrel** (Cape Canaveral-i start: 1992. szeptember 25.).

1993. augusztus 28. Az amerikai **Galileo** űrszonda 2400 kilométerre közelítette meg az **Ida** nevű kisbolygót, és elkészítette az első közelfelvételeket. (Galileo földi start: 1989. október 18, lásd ott). A képeken az Ida kisbolygó egy kb. 1,6 km-es kis holdacskáját is felfedezték.

1993. szeptember 16, 20 és 28. A **Mir** űrállomáson V. Ciblijev és A. Szerebrov orosz űrhajós három űrsétán egy újfajta műanyag oszlopot és egy "UFO"-t épített. Az első két űrsétán a Progressz-M-19 teherűrhajóval, összecukott állapotban felszállított, szénszál erősítésű, négyelemű **Rapan** műanyag oszlopot a Kvant-1 modulra felszerelték és öt méter hosszúságúra kinyitották a Szofora-rács mellé (lásd 1991. július 15-nél). A szeptember 28-ai űrsétát az űrhajósok egy tréfával kezdték. Az űrállomáson felgyülemllett használt anyagokból, víztartályokból, dokkolóból, szállítódobozokból egy 3 méter hosszú fantoműrhajót építettek és vittek ki az űrbe. Az űrhajómodellre egy űrhajósruhát ültettek, arcát vastag szivacsból alakították ki. A ruhaujjakra kesztyűt húztak és a szerkezet elején lévő dokkolóhoz erősítették. Az egész, lassan forgó tákolmány a világűrben leginkább egy "**űrmotorosra**" emlékeztetett. Az amerikai űrobjektum-követő szolgálat, a NORAD a kihelyezett szerkezetet, mint ismeretlen repülő objektumot, azaz UFO-t regisztrálta. A harmadik űrsétán készült videós felderítés azt mutatta, hogy több mint 65 kis meteoritálát érte az űrállomást, valószínűleg a Swift-Tuttle-üstökösből származó augusztusi Perseida meteoráramból. Meglepetésre az egyik napelemtáblán egy 10 cm-es nagy lyuk is éktelenkedett.

1993. december 2-13. Sikeresen bonyolódott le a **Hubble-űrtávcső** első javítása az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-61**) Föld körüli útján. Az űrrepülésen hat amerikai és egy európai űrhajós dolgozott, utóbbi azért is, mert az ESA is részt vett a HST program fejlesztésében és üzemeltetésében. Az asztronauták öt, 6-7 órás űrsétán végezték el az elromlott berendezések cseréjét és a rossz tükröcsiszolás korrekciós optikájának behelyezését. 1993. december 5-én két pörgettyű és két elektronikus vezérlő helyére tettek új készülékeket, december 6-án lecserélték a HST két napelemtábláját újakra, december 7-én pedig kicserélték a széleslátószögű planetáris kamerát egy újra, a WFPC-2-re. A legfontosabb munka december 8-án történt meg, ekkor kapott az űrtávcső „szemüveget”. A fókuszálási hibát javító COSTAR optikai rendszert építették be a gyorsfotométer (HSP) helyére. December 9-ére maradt az egyik napelemmotor vezérlő elektronikájának cseréje. A feljavított Hubble-űrtávcsövet aztán december 10-én helyezték vissza 600 km magasságú, kutatási pályájára.

1994. január 17. A 24 mesterséges holdból álló amerikai **GPS** globális helymeghatározó rendszer eléri teljes kiépítettségét (a korábbiakat felváltó, 1989-től felbocsátott korszerűsített holdak alkotta rendszer 1993. decemberétől üzemel). Korábban a rendszer katonai navigációs célokat szolgált, mára azonban polgári feladatok ellátására is használhatóvá tették.

1994. január 24. Az ESA Ariane hordozórakétája juttatta Föld körüli pályára az első török műholdat, a távközlési **Turksat-1-et**.

1994. január 25. Elindult a **Clementine** amerikai holdszonda, amelynek mérései alapján feltételezték, hogy a **Hold** déli pólusán lehetnek vízjeget tartalmazó kráterek. A 217 kg tömegű Clementine szondán a látható és az ultrabolya tartományban működő, valamint infravörös kamerát helyeztek el. További műszerei töltőtárcsacske-detektorok, lézertáv mérő és egy nagyfelbontású képalkotó berendezés volt. Az űrszonda a Vandenberg Légitámaszpontonról Titan-2 hordozórakétával startolt. Két Föld körüli keringés után 1994. február 26-án Hold körüli pályára állt. A Hold vizsgálata után május 5-én ismét a Föld felé vezető pályára állt, de hajtóművét nem sikerült leállítani, ezért a földközeli Geographos kisbolygó megközelítése nem sikerül.

1994. február 3-11. Első ízben fordult elő, hogy egy orosz űrhajós, Szergej **Krikaljov**, egy amerikai űrrepülőgépen, a **Discovery-n** (**STS-60**) hajtott végre űrrepülést. A Discovery programján 56 órás, önálló repülésre kihelyeztek egy mikrogravitációs kísérleteket szállító műholdat (WSF). A Spacehab laboratóriumban folytatott 35 biológiai és technológiai kutatási programból pedig négy közös orosz-amerikai kísérlet volt.

1994. október 31. Az első orosz geoszinkron meteorológiai hold, az **Elektro-1** indult Proton hordozórakétával Bajkonur űrrepülőtérről és sikeresen pályára állt.

1995. február 3-11. Az amerikai **Discovery** űrrepülőgép (**STS-63**) első alkalommal közelítette meg az orosz **Mir** űrállomást, de még nem kapcsolódtak össze. A Discovery űrrepülése az orosz-amerikai **Mir-STS program** első lépésének tekinthető. A közös program lehetővé tette, hogy a Mir űrállomáson amerikai űrhajósok több hónapos űrrepüléseket hajthassanak végre, amerikai űrrepülőgép szállítsa fel a Mirre az összekapcsolódáshoz szükséges Dokkolómodult, az orosz Szpektr és Priroda modulokban amerikai műszereket helyezhessenek el, valamint orosz űrhajósok repülhessenek az amerikai űrrepülőgépeken.

1995. március 14. N. **Thagard** amerikai űrhajós elsőként indult hosszúidejű (115 napos) űrrepülésre az orosz **Mir** űrállomásra a Szojuz-TM-21 űrhajón. Thagard az Atlantis (STS-71) űrrepülőgéppel tért vissza a földre 1995. július 7-én. A következő három évben még hat amerikai űrhajós (S. Lucid, J. Blaha, J. Linenger, M. Foale, D. Wolf, A. Thomas) dolgozott 4-4,5 hónapot a Mir-STS-programban a Mir űrállomás fedélzetén.

1995. március 22. 169 napos rekordhosszúságú női űrrepülésről tért vissza a földre Jelena **Kondakova** orosz űrhajósnő a **Mir** űrállomásról, V. Viktorenko és V. Poljakov társaságában. A kozmonauta nő 1994. október 3-án a Szojuz-TM-20 űrhajóval Viktorenko és U. Merbold német űrhajósok társaságában indult a Mir űrállomásra és onnan ennek az űrkabinjában tért vissza a földre.

1995. március 22. 438 napos rekordhosszúságú űrrepülésről tért vissza a földre V. **Poljakov** orosz űrhajós-orvos. A kozmonauta 1994. január 8-án a Szojuz-TM-18 űrhajóval indult a **Mir** űrállomásra és onnan a Szojuz-TM-20 űrkabinjában tért vissza a földre.

1995. május 20. Bajkonur űrrepülőtérről, Proton-K hordozórakétával indították a **Mir** űrállomásrendszer ötödik elemét, a **Szpektr** amerikai, európai és orosz műszerekkel felszerelt geofizikai kutatómodult. A 18,8 tonnás modul 1995. július 1-jén sikerült az űrállomás elülső összekapcsolójához dokkolni. Innen július 3-án átforgatták az „alsó” oldalsó összekapcsolóra. Az egyhelyiséges, 62 m³ hermetikus térfogatú, 9,1 m hosszú, 4,1 m átmérőjű Szpektr a Mir kutatási lehetőségeit bővítette tovább. Fedélzetén mintegy 7 tonna erőforráskutató, légköri, orvosi és biológiai kutató berendezést szállított. A készülékek között 700 kg amerikai műszer is elhelyeztek. A készülékek kipróbálása rendben lezajlott, három napelemszárny kinyílt, de a negyedik beakadt a modul csúcsába. A beakadt napelemszárnyat Szolovjov és Budarin első űrsétája során, július 14-én az Atlantis űrrepülőgép által felvitt vágószerszámmal sikeresen kinyitotta.

1995. június 27. - július 7. Először indult a **Mir** űrállomáshoz amerikai űrrepülőgép (**Atlantis, STS-71**) Cape Canaveral űrrepülőteréről. Az amerikai űrhajósokon kívül az Atlantis vitte fel a Mir 20. alapszemélyzetének orosz tagjait, A. Szolovjovot és Ny. Budarint is. Az űrrepülőgép rakterében egy **Spacelab**-et, és a randevúhoz szükséges 1,8 tonnás dokkolórendszert helyezték el. Ez egy hengeres zsilipkamrából és egy **APASz-89** dokkolóból állt, amelynek másik fele a Mir Krisztall moduljára volt szerelve. A 1995. június 29-ei dokkolás után a két űrjármű belső terét összenyitották. Az ünnepélyes kézrázások után Thagard, valamint két orosz társa, V. Gyezsurov és G. Sztrekalov át is költözött az Atlantisra, míg az újonnan érkezett oroszok birtokba vették a Mirt.

A Spacelab belsejében hét különböző szakterületen hajtottak végre közös kísérleteket. Vizsgálták a vérkeringést, a különféle sugárzások hatását, 46 féle proteinkristályt növesztettek, és egyéb biológiai kísérleteket végeztek. Július 4-én következett a búcsú, az Atlantis levált a Mirről, még másfélszer körülrepülte az űrállomást és felvételeket készített róla. Közben a Mir két orosz űrhajósa a Szojuz-TM-21 űrhajóval 43 percig elhagyta az űrállomást és távolabbról videózta a Mir és az űrrepülőgép szétválását. A következő három évben még 8-szor dokkolt űrrepülőgép a Mir-STS-programban az űrállomáshoz.

1995. szeptember 3. Thomas **Reiter** német űrhajós elsőként indult fél éves (179 napos) európai űrrepülésre az orosz **Mir** űrállomásra a Szojuz-TM-22 űrhajón. *Reiter a magyar Pille sugárdózismérőt először használta az űrállomás falain kívül, űrsétán.* 1995. szeptember 5-én dokkolt a Mirnél az űrhajó Ju. Gidzenko, Sz. Avgyjev és Reiter

kozmonautákkal. Reiter EUROMIR–95 programja során 47 orvosi, biológiai, anyagtechnológiai, csillagászati és műszaki kísérletet végezett az űrállomáson. Reiter 179 napos űrmunka után, 1996. február 29-én tért vissza a földre a Szojuz-TM–22 űrkabinjában.

1995. november 12-20. Először vitt egy kis modult (**Dokkolómodul, DM**) az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS–74**) a **Mir** űrállomáshoz. Az űrrepülőgépen négy amerikai és egy kanadai űrhajós repült. Az Atlantis rakterében az orosz Enyergija cégnél gyártott új Dokkolómodult és két napelemtáblát is elhelyeztek. A 4,1 tonnás, 4,7 m hosszú, 2,2 m átmérőjű DM mindkét végén APASz–89 dokkoló volt. (A további utakon az űrrepülőgépek mindig a Dokkoló modulhoz csatlakoztak, mert így nem kellett a Krisztall modult áthelyezni a fő dokkolóra és vissza.) 1995. november 14-én a robotkarral a Dokkoló modul először csatlakoztatták az űrrepülőgépen lévő dokkoló rendszer tetejére, majd 15-én ezzel közelítették a Mir Krisztall moduljához és összekapcsolódtak vele. A háromnapos közös munkán négy nemzet képviselői, amerikai, kanadai, német és orosz űrhajósok vettek részt. November 18-án a Dokkolómodult a Krisztallon hagyva levált a Mirről az Atlantis, körülrepülte az űrkomplexumot, majd november 20-án visszatért a földre a Cape Canaveral fokon lévő Kennedy űrrepülőtérré.

1995. november 17. Pályára állították az európaiak nagy infravörös csillagászati holdját, az **ISO**-t. A start Ariane–4 hordozórakétával a kouroui űrbázisról történt. A műholdat az ESA készítette és üzemeltette a NASA-val és a japán ISAS-szal közösen. Az ISO 60 cm-es tükrös távcsöve a 2,5-240 mikrométeres infravörös színeképtartományban észlelte az égi objektumokat: csillagok robbanásainak maradványait, csillagok és galaxisok születésének helyeit, ütközését és Naprendszerünk égitestjeinek hősugárzását, valamint a bolygó- és csillagközi por tulajdonságait. Az ISO műszerei: ISOCAM berendezés egy nagyfelbontású képkészítő kamera (2,5-7 μm), az ISOPHOT egy fotopolariméter, az SWM rövidhullámú színeképelemző a 2,4-45 μm -es tartományban. Az érzékelők hűtésére a műhold 2286 liter folyékony héliumot vitt magával. Az ISO hold nyolc hónappal tovább működött a tervezettnél, 30 ezer tudományos megfigyelést végzett és 1998. május 16-án fejezte be kutatási programját. *A programban magyar csillagászok is részt vettek.*

1995. december 2. Elindult az amerikai **SOHO** napkutató űreszköz a Földtől 1,5 millió kilométerre lévő 1. Lagrange-pontba. Az űreszközt Atlas–2 hordozórakéta indította Cape Canaveral-ról. Az űrszonda közös NASA-ESA program, 15 ország 39 tudományos intézetében dolgozó kutatók építették a 12 műszert. A Nap rezgéseit méri három műszer: a GOLF a napállandót is meghatározza, míg a SOI/MDI fotoszféraképeket és magnetogramokat is készít. A Nap légkörét egész sor műszer vizsgálja: az EIT a kromoszféra-korona átmeneti rétegtől az alsó koronáig az extrém ibolyántúli (EUV) színeképvonalak fényében, míg a LASCO a fényes napkorongot letakarva a külső koronát képezi le, három kamerával. A legnagyobb látómezejű a napkorong sugarának 30-szorosáig követi a napkoronát. A SWAN a bolygóközi térben lévő hidrogén Lyman- α sugárzását méri, míg a maradék műszer három színeképi vizsgálatokat végez (SUMER 50 – 160 nm, CDS 15 – 80 nm, UVCS kiválasztott EUV színeképvonalak). A fennmaradó három műszer a Napból érkező részecskeáram, a napszél adatait méri, különböző energia- és tömeghatárok közt: CELIAS (0,1 és 1000 keV), COSTEP (elektronok, protonok és héliummagok, 0,04 és 53 MeV), ERNE (ionok 1,4 és 540 MeV). Az 1,9 tonnás, kisbuszny méretű (4,3 $\times$ 2,7 $\times$ 3,7 m) SOHO valódi kutatási „nagyágyú”. Segítségével több, mint ezer üstököst fedeztek fel a Nap közelében.

1995. december 7. Az amerikai **Galileo**-űrszonda légkörkutató egysége belépett a Jupiter légkörébe, ahol először végzett földi eszköz helyszíni méréseket, az anyaszonda pedig Jupiter-műhold lett (lásd 1989. október 18.). A Galileo-szonda nyolc éven keresztül küldött méréseket a Jupiterről és kiterjedt holdrendszeréről. 2003. szeptember 21-én beléptették a Jupiter légkörébe, ahol megsemmisült.

1996. január 20. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-72**, Cape Canaveral-i start 1996. január 11.) öt amerikai és egy japán űrhajóssal visszatért a Földre a sikeresen befogott **SFU** jelű japán tudományos és műszaki holddal. A 3,7 tonnás SFU műholdat 1995. március 18-án indították Japánból H–2 hordozórakétával csillagászati, biológiai és anyagtechnológiai kísérletek végrehajtására. Az űrrepülőgép az SFU platformot 1996. január

13-án közelítette meg. Távirányítással összecsuhtak a műhold hatalmas napelemszármait, azonban rögzítésük nem sikerült. Ezért a napelemeket piropatronok segítségével eltávolították az SFU-ról a biztonságos befogás érdekében. A japán űrhajós ezután fogta meg a robotkarral a holdat és helyezte be a raktér hátulsó, erre a célra készített rögzítő szerkezetébe.

1996. február 17. Cape Canaveral-ról startolt az amerikai **NEAR** űrszonda, mely az első kisbolygó-műhold lett: 2000. febr. 14-én állt az Eros körüli pályára. Útközben 1997. június 27-én vizsgálta és fotózta a Mathilde nevű kisbolygót is. A NEAR űrszondán hat műszert helyeztek el: egy multispektrális képalkotót, egy infravörös spektrométert, két, a gamma- és röntgentsugárteremben érzékelő detektort, egy lézertáv mérőt és egy magnetométert.

1996. február 29. Befejeződött az első, hosszúidejű (179 napos) európai űrrepülés a **Mir** űrállomáson. A német T. **Reiter** ESA-űrhajós (lásd 1995. szeptember 3.) a Szojuz-TM-22 űrhajón tért vissza a földre.

1996. március 22-31. Az **Atlantis** űrrepülésén (**STS-76**) felvitte a **Mir** űrállomásra a második hosszúidejű amerikai űrrepülésre Shannon **Lucid** asztronautát. Az űrhajósnőt a már egy hónapja a Miren lévő J. Onufrienkó és J. Uszacsov orosz űrhajósok fogadták. Miután az orosz kozmonauták a Mir központi egységének kabinjait foglalták el, Lucid a **Szpektr** modult választotta lakóhelyéül. A közös amerikai-orosz kutatómunkát a Szpektr, illetve az egy hónappal később érkezett Priroda modulok fedélzetén elhelyezett amerikai műszerekkel bonyolították le. Lucid űrrepülésének végén még egy orosz legénységi cserére is sor került, mert a régi kozmonautákat a Szojuz-TM-24-en érkezett V. Korzun és A. Kaleri váltotta fel, valamint kéthetes munkára megérkezett az első francia űrhajósnő, **Andre-Deshays** is. Lucidot, 188-napos rekordhosszúsági női űrutazás után, az Atlantis űrrepülőgép (**STS-79**) hozta vissza a földre 1996. szeptemberében.

1996. április 26. Az orosz **Priroda** erőforrás-kutató modul (bajkonuri start: 1996. április 23.) csatlakozott a **Mir** űrállomáshoz. Ezzel befejeződött a Mir modulűrállomás teljes kiépítése. A 19,3 tonnás modul az űrállomás első összekapcsolójához dokkolták, majd innen április 27-én forgatták át a Szpektr moduldal szemben lévő, oldalsó összekapcsolóra. Az egyhelyiséges, 65 m³ hermetikus térfogatú, 11,6 m hosszú, 4,1 m átmérőjű hengeres Priroda a Mir kutatási lehetőségeit bővítette tovább. A modul fedélzetén amerikai, orosz, francia és német műszereket helyeztek el biológiai, orvosi és erőforrás-kutatási célokra. A Priroda külső részén, dokkolás után egy nagy, oldalra néző radart (Traverz) nyitottak ki.

1996. május 19-29. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-77**) 11. űrútján új kísérletet hajtottak végre egy **felfújható antenna** kipróbálásával. 1996. május 20-án az űrrepülőgép robotkarjával önálló repülésre helyezték ki a **Spartan-207** jelű platformot. Az időleges műholdon egy 2 × 3 × 1 méteres tartályban helyezték el a 60 kg tömegű összehajtogatott parabolaantennát (**IAE**). Miután a Spartan 120 m-re eltávolodott, elkezdtek felfújni a vékony fóliából készült antennát az űrben. Hét perc alatt a parabola 14 m átmérőjűre nyílt ki és három 28 m-es tartóoszloppal csatlakozott a fókuszban lévő Spartanhoz. A kísérletben nem sikerült teljesen kinyitni az antennát, de a művelet mégis érdekesnek bizonyult. A felfújt antennát május 21-én leválasztották a műholdról, és utóbbit május 22-én visszahelyezték az Endeavour raketerébe.

1996. július 31. Az amerikai **Delta Clipper** Graham egyfokozatú, többször használható kísérleti űrjármű leszállás közben lezuhant és megsemmisült.

1996. augusztus 17. - szeptember 2. A francia Claudie **Andre-Deshays** (ma *Haigneré*) az első francia női űrhajósként űrutazáson vett részt. A francia űrhajósnő a Szojuz-TM-24 űrhajón indult a **Mir** űrállomásra V. Korzun és A. Kaleri orosz űrhajósokkal. A 39 éves Andre-Deshays orvosdoktor, szakterületei a biomechanika, neurológia, pszichológia és reumatológia. A Szojuz-TM-24 1996. augusztus 19-én csatlakozott a Mirhez. Az űrállomáson Andre-Deshays a Priroda modulba költözött, mert az amerikai Shannon Lucid a Szpektr modulban lakott. Az ötödik francia-orosz űrrepülés kéthetes kutatóprogramján orvosi, biológiai és fizikai kísérleteket végeztek különféle francia fejlesztésű készülékekkel (Physiolab, Cognilab, Robotop, Treillis készülék). Az űrrepülési program végén a francia űrhajósnő az orosz Ju. Onufrienkóval és J. Uszacsoval tért vissza a földre a Szojuz-TM-23 űrkabinjában.

1996. október 17. Megjelent az „*Úrtan*”, az űrhajózás-űrkutatás és a kapcsolódó tudományok, azaz az űrtevékenység első magyar, rövid enciklopédikus összefoglalása a magyar SH atlasz sorozat 18. köteteként.

1996. november 16. Bajkonurból Proton hordozórakéta indította a széles nemzetközi (többek közt magyar) részvétellel készített műszerekkel felszerelt, nagy orosz Mars-szondát, a **Marsz-8-at (Mars-96)**. Az űrszonda a gyorsító fokozat hibája miatt nem indult el a Mars felé, a Föld körüli pályáról a Csendes-óceánba zuhant. Úgy tervezték, hogy a Mars körül keringő műholdról leválasztanak két kis ejtőernyős leszálló berendezést és két, a talajba fúródó penetrátoregységet. A penetrátorok légköri leszállását fékezte volna egy a Lavocskin űrközpont által fejlesztett új típusú felfúvódó kúp (lásd 2000. február 9.).

1997. január 12-22. Az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS-81**) hét űrhajóssal a **Mir** űrállomáshoz repült, hogy a hosszúidejű űrrepüléséről visszatérő J. Blaha űrhajóst lecserélje J. Linenger asztronautával. Az űrrepülőgép 1997. január 15-én kapcsolódott az űrállomáshoz. *A magyarok számára a repülés legfontosabb mozzanata az volt, hogy az Atlantis a Mir űrállomásra szállította a Pille-96 jelű sugárdózismérő készülékrendszert.* A magyar műszer analízátor egységét a Szpektr modulban helyezték el. A közös kutatási program után J. Blaha 128 napos űrrepülés után az Atlantisszal szállt le a Kennedy űrrepülőtéren

1997. február 11-21. A **Discovery** űrrepülőgép (**STS-82**) **2. HST-javító** repülésén hét amerikai űrhajós vett részt. Miután a Discovery-vel sikerrel megközelítették és befogták a Föld körül keringő **Hubble-űrtávcsövet**, az asztronauták öt, 6,5 és 7,5 órás űrsétán végezték el a javításokat. Régi műszereket és az elromlott elektronikákat cserélték újakra. Váratlan feladatként, helyenként befoltolták a távcsövet burkoló hőszigetelőanyag szétfoszlott, rongyos részeit. 1997. február 14-én lecserélték a HST régi GHRS spektrográfiát egy STIS jelű modernre, valamint az FOS színképelemző műszert a NICMOS készülékre. Ez utóbbi, második generációs műszer nemcsak spektrométerként, de kameraként, polariméterként és koronagrafként is üzemelt. Február 15-én a távcső adatgyűjtő rendszerét váltották fel egy újjal. Ezen az űrsétán vették észre az űrhajósok, hogy a távcső hővédő borítója sok helyen elkopott, elszakadt és a napelemek meglehetősen lyukacsossá váltak. Február 16-án, a harmadik űrsétán a HST négy fedélzeti számítógépe egyikének hibás adatközvetítőjét cserélték le, melyet eredetileg nem szántak leváltható eszköznek a 18 kis csatlakozó miatt. Az utolsó betervezett űrsétán február 17-én a másik napelemtábla motorvezérlőjét cserélték újra, és egy kísérleti burkolatfoltozást is elvégeztek. A sikeres „stoppolás” hatására engedélyeztek egy új, ötödik űrsétát február 18-ára, amelyen, több helyen is befoltolták az elkopott, sérült távcsőburkolatot. A sikeres javítások után már csak a Hubble-űrtávcső szabadon engedése maradt február 19-ére.

1997. február 12. A japánok pályára állították a **Haruka** (Muses-B, **HALCA**) elnevezésű rádiócsillagászati műholdat. A 830 kg tömegű hold startja M-5 hordozórakétával történt Kagoshima űrközpontból. Az összehajtogatott állapotban indított, rácsszerkezetű parabola antennát 1997. február 27-ére nyitották ki 8 m átmérőjűre. A program csillagászati célpontjai leginkább a távoli, a rádiótartományban erős sugárzást kibocsátó, aktív galaxismagok, a kvazárok voltak. A HALCA 6,3 órás keringési idejű, 569-21415 km magasságú pályán keringett és két frekvencián (1,6 GHz, 5 GHz) észlelt együtt a földi hosszúbázisú interferometriás (VLBI) hálózatokkal. Az űrbeli rádiótávcső „hozzáadásával” elérhető szögfelbontás kb. háromszor jobb lett a csak a Földön, ugyanazon frekvencián elérhető felbontásnál. A kutatási program biztosítására világméretű összefogás született: Európa, Amerika, Japán, Ausztrália, Kína 40-nél több rádióteleszkópja, 4 ország 5 követőállomása dolgozott együtt. A HALCA rádiócsillagászati hold programját a tervezettnél hosszabb ideig, 2005 novemberéig folytatták. A kutatási programban *a magyar Kozmikus Geodéziai Obszervatórium (Penc) is részt vett.*

1997. február 23. A **Mir** űrállomás **Kvant-1** moduljában **tűz** ütött ki, öngyulladás lángra kapott egy lítium-perklorát gyertya, amely oxigéntermelésre szolgált. A központi egységben étkezésre készülődő hat űrhajósnak (V. Korzun, A. Kaleri, J. Linenger, V. Ciblijev, A. Lazutkin, R. Edwald) 1,5 perc alatt sikerült eloltania a tüzet. Az űrhajósok arra is felkészültek, hogy a fent lévő két Szojuz űrhajóval (TM-24, -25) kényszerleszállást

kezdjenek, de hármuknak így is a tűzön keresztül kellett volna menekülniük. A tűz oltását V. Korzun kezdte, a többiek hozták az újabb tűzoltó berendezéseket, de a Kvant modul, illetve az űrállomás 6-7 perc alatt annyira megtelt füsttel, hogy az űrhajósok kénytelenek voltak védőmaszkokat felvenni, amelyet az orosz irányítás utasítására több mint egy napig kellett hordaniuk, hogy elkerüljék a mérgezést.

1997. március 4. A távol-keleti orosz **Szovobodnij** rakétalőtérrel először indítanak Sztart-1 rakétával Föld körüli pályára üreszközt, a Zeja rádióamatőr-holdat. A Szovjetunió szétesése után a Kazahsztánban maradt legfontosabb orosz űrrepülőtér használatáért fizetendő bérleti díjról nehezen tudtak megállapodni az oroszok a kazahokkal. Akkor merült fel az a gondolat, hogy a távol-keleten, az amuri körzetben lévő, a kínai határhoz közeli Szvobodnij rakétabázist építsék ki orosz kozmodromnak. Miután Kazahsztánnal 50 évre megállapodtak Bajkonur űrrepülőtér használatáról, az oroszok leállították Szvobodnij kozmodrommá fejlesztését. (Újabban polgári űrrepülőtéri fejlesztési elképzelések láttak napvilágot)

1997. április 29. A **Mir** űrállomásról Linenger és Ciblijev végrehajtották az első **közös amerikai-orosz űrsétát**. Az öt órás űrsétán az amerikai űrhajós is az új, orosz Orlan-M szkafanderben volt. Az *amerikai űrhajós a külső munkára, a fedélzeten lévő magyar Pille-96 sugárdózis-analizátor érzékelőjét is kivitte magával a szkafander egyik zsebébe*. Az űrsétán a Krisztallon lévő Dokkolómodulon elhelyezték a környezeti viszonyok optikai vizsgálatára szolgáló amerikai készüléket. Ezután visszatértek a Kvant-2 modulra, ahol leszereltek két, a becsapódó részecskéket gyűjtő amerikai berendezést és felszereltek egy sugárázsmérő eszközt. Az űrállomásba visszatérő űrhajósok nagyon dicsérték az új űrruha mozgékonyágát, kényelmét és a sisakból való jó kilátást.

1997. május 5. Pályára állították az első öt, mobiltelefonos kapcsolatot biztosító Motorola (**Iridium**) holdat.

1997. június 25., augusztus 22., szeptember 6. Megtörtént az első komoly **ütközés** a világűrben a **Mir Szpektr** modulja és a Progressz-M-34 teherűrhajó között. 1997. június 24-én a Kvant-1 csillagászati modulról leválasztották a Progressz-M-34 teherűrhajót. Mivel még volt hajtóanyaga, úgy döntöttek, hogy az űrhajósok gyakorolják a kézi vezérléses összekapcsolást. Amikor a teherűrhajó június 25-én a kézi irányítással megközelítette az űrállomást, irányítási hiba miatt elrepült a hátulsó dokkolószerkezet mellett, és nekiütközött a Szpektr modulnak. Megsérült egy napelem, az egyik hűtőfelület és a modul is, amelyből szökni kezdett a levegő. A fedélzeten lévő Ciblijev és Lazutkin orosz, valamint Foale amerikai űrhajóst azért nem fenyegette életveszély, mert a levegő csak lassan szivárgott. Az asztronauták szétválasztották az elektromos kábeleket és a levegőcserélő csöveket is leválasztották, majd hermetikusan lezárták a Szpektr ajtaját, amely a központi egység kikötőkabinjánál volt. A baleset miatt a fedélzeti áramellátás 50%-kal csökkent, mert a Szpektr négy napeleme kiesett, ezért több rendszert le kellett kapcsolni a Miren.

Augusztus 22-én Szolovjov és Vinogradov szkafanderes belső űrsétát hajtott végre a megsérült modulba. Kiszivattyúzták a levegőt az űrállomás többi részétől hermetikusan elzárt kikötőkabinból, majd kinyitották a Szpektr ajtaját, és ennek tetejére rászereltek egy hermetikus kábelcsatlakoztató betétet, amely lehetővé tette a Szpektr három ép napelemének bekapcsolását az energiarendszerbe. Ezután belülről átvizsgálták a kilyukadt modult, de nem akadtak a sérülés nyomára. Ezután lezárták a Szpektr-ajtót, amelynek új betétjére a kikötőkabinban levő kábeleket is rákapcsolták, majd az áramhiány miatt nem használt legfontosabb rendszereket (az oxigéndúsító Elektront, a szén-dioxidot elnyelő Vozduhot) újraindították. Szeptember 6-án Szolovjov és Foale még egy külső űrsétán is megpróbálták megtalálni a Szpektr modul szilárd burkolatán a sérülést. Több helyen felbontották a külső, sokrétegű meteoritvédő takarót, de ott sem fedezték fel a szivárgás, illetve a repedés helyét. Ezért a Szpektr modult és a benne lévő műszereket véglegesen kikapcsolták az űrállomás munkájából.

1997. július 4. Az amerikai **Mars Pathfinder** (MPF, Cape Canaveral-i start: 1996. december 4.) űrszonda leszállt a marsi Ares Vallis nevű kiszáradt folyó torkolatánál és kibocsátotta az első marsautót. Ez volt az első, ballonfékezéssel leszállás a Marson. A leszállás után a 360 kg-os MPF-et a híres amerikai csillagász (lásd 1975. augusztus 20.)

tiszteletére Sagan-állomás névre keresztelték. A **Sojourner** nevű 11,5 kg-os, 63 cm hosszú, 48 cm széles és 28 cm magas hatkerekű autót a leszálló egység parabola-antennáján illetve rádiórendszerén keresztül távirányították a Földről. A lassan, 40 cm-es percenkénti sebességgel mozgó autó energiájáról egy a tetején lévő 0,22 m²-es napelemtábla gondoskodott. A Sojourner kiválasztott helyekről színes kamerájával közeli, részletes felvételt készített és alfa-proton-röntgen színeképelemzőjével 10 órás idő alatt megállapította a talaj összetételét. Az eredetileg tervezett egy hónaphoz képest az állomás és az autó csaknem három hónapig, 1997. szeptember 27-éig üzemelt. Ezalatt a Sagan-állomás több mint 16500 képet, a Sojourner autó pedig 550 képet és 15 helyről talajanalízist közvetített. A Sojourner közben körbejárta a leszálló körüli köves, homokos terepet. A Mars Pathfinder kamerájával először sikerült lefotózni a vékony szálak szerkezetű, hajnali felhőket. A meteorológiai adatok azt mutatták, hogy a Viking-1 1976-os méréseihez képest itt hidegebb a marsi nyár. A szél átlagosan 20-30 km/h sebességgel fúj.

1997. szeptember 12. Az amerikai **Mars Global Surveyor** űrszonda (MGS) Mars körüli pályára állt és tíz éven keresztül sikeresen működött. Több mint 220 ezer fotót, lézeres magassági, színeképi és mágneses méréseket készített. A Mars Global Surveyor űrszondát 1993-ban az elhallgatott Mars Observer helyettesítésére tervezték. Az MGS-t 1996. november 7-én Delta hordozórakétával indították. 1997. szeptember 12-én Mars körüli elnyúlt, 250 és 50 000 km közötti magasságú, 97°-os hajlásszögű, 45 óra keringési idejű pályára állították. 1997 és 1999 márciusa között a légköri fékezéssel alakították ki a 2 órás periódusú, kb. 400 km magasságú, poláris pályát. A 767 kg-os MGS űrszonda egy alapegységből, két napelemszárnyból és az összeköttetést biztosító parabolaantennából állt. Tudományos műszerei: képfelvevő kamera (MOC), lézeres magasságmérő (MOLA), hőemissziós színeképelemző (TES), magnetométer és elektronreflektométer. A MOC kettős üzemmódú távcsőrendszer: nagy, 1,5 m-es felbontású fekete-fehér és áttekintő, nagylátószögű képeket készített. A nagylátószögű felvételtől állították össze az egész bolygóra vonatkozó globális fotótérképeket, illetve ezeken lehetett az évszakváltozásokat, a porviharok alakulását, a poláris sapkák téli növekedését és nyári csökkenését követni. Az MGS fotóin sok érdekes új jelenséget találtak: régi vízfolyásokat (gullies), sötét dűnefoltokat (*dark dune spots*), és a déli pólus környékén repedésszerű alakzatokat (spiders). A Mars Global Surveyor felfedezte a Mars felszínén a váltakozó polaritású mágneses teret jelző talajmágnesség sávok szerkezetét. 700 millió magassági radarmérése alapján készült el a bolygó magassági térképe.

1997. szeptember 26. - október 6. Az **Atlantis 20.** útján (**STS-86**) felszállította a **Mir** űrállomás új központi számítógépét és lecserélte a hosszúidejű űrrepülést végrehajtó amerikai űrhajósokat. Az űrrepülőgép 1997. szeptember 28-án csatlakozott a Dokkoló modulhoz. A közös programon az orosz V. Tyitov és az amerikai S. Parazynski október 2-án, egy hatórás űrsétát végzett az űrrepülőgépről. Ezen az űrsétán egy olyan amerikai szkakandert próbáltak ki, amelynek önálló mozgásra képes saját hajtóműrendszere volt. Tyitov és Parazynski még egy nagy, 80 centiméter átmérőjű foltot is kivitt a Mir külső részére, de a **Szpektr** modulon nem találták meg a rést. Az Atlantis a Mir fedélzetén hagyta D. Wolf űrhajóst és 135 napos űrrepülése után a földre szállította M. Foale asztronautát.

1997. október 30. Sikeresen kipróbálták az **Ariane-5** európai nagy hordozórakétát, melyet az ESA Francia Guyanában lévő Kourou űrbázisáról indítottak. A rakéta két oldalsó szilárd hajtóanyagú fokozatból áll, amelyek 277 tonnát tesznek ki. A középső 30,5 m magas fokozatban 130 tonnás hidrogén- és 25 tonnás oxigéntartály található, amelyek táplálják a Vulcain krigén hajtóművet. Az Ariane-5-nek különféle változatait alakították ki. Az Ariane-5G geostacionárius pályára 6,1 tonnás űreszközöket, míg az Ariane-5 ECA jelű már 10,5 tonnát képes felvinni. Ez utóbbi változat 2. fokozatként a régi Ariane-4 rakéta harmadik fokozatát használja. 2000 és 2006 között évi 3-5 sikeres startot hajtottak végre az Ariane-5 típusú európai nagyrakétával.

1997. november 19. - december 5. A **Columbia** űrrepülőgépen (**STS-87**) repült az első ukrán űrhajós, L. **Kadenyuk**. Az STS-87 űrrepülés újdonsága egy kis távirányítású tv-kamera kipróbálása volt. A 16 kg-os, gömb alakú **Sprint** elnevezésű repülőkamerát 1997. december 2-án helyezték ki, és az volt a feladata, hogy körbepörögve az űrrepülőgépet, annak külső részleteit tetszőleges közelségből meg lehessen figyelni.

1998. január 7. Indult az amerikai **Lunar Prospector** holdszonda. A startot Athena-2 hordozórakétával hajtották végre.

A 158 kg-os holdszonda 1998. január 16-án állt kb. 100 km magasságú Hold körüli pályára. Műszerei: gamma spektrométer, neutron spektrométer, alfarészecske spektrométer, magnetométer és elektron reflektométer. A holdszonda 1999. január 28-án alacsonyabb, 15 × 45 km magasságú pályára állt. A Lunar Prospector holdszonda neutron spektrométeres mérései megerősítették, hogy a Hold északi és déli sarkvidékein vannak olyan kráterek, melyekben vízjég lehet. 1999. július 31-én a programot azzal fejezték be, hogy a szondát a déli pólus környékén a Shoemaker-kráternél becsapatták a felszínbe. A szakemberek azt remélték, hogy a kidobott anyagban földi méréssel ki lehet mutatni a vízgőzt, azonban nem sikerült kidobott anyagot észlelni.

1998. január 29. Aláírták a **Nemzetközi Űrállomást** építők és üzemeltetők (USA, Oroszország, ESA, Japán, Kanada) kormányközi egyezményét. A Föld körüli pályán építendő nagy modulűrállomás az ISS (International Space Station, Nemzetközi Űrállomás) létrehozása a 21. század eleje legnagyobb űrvállalkozásának bizonyult. Az űrállomást igen széles nemzetközi együttműködésben fejlesztették és építették, illetve építik. A jelenlegi, 2007-es tervek szerint az építés 2010-ben fejeződik be. Az *ISS fedélzetére már felszállítottak magyar műszereket és továbbiak feljuttatása várható.*

1998. június 2-12. A **Discovery** űrrepülőgépen (STS-91) 140 napos űrutazás után visszatért a földre A. **Thomas** amerikai asztronauta és ezzel véget ér a Mir-STS program, amelyben az orosz űrállomáson három év alatt összesen 907 napot dolgoztak együtt amerikai és orosz űrhajósok.

1998. augusztus 13-25. Egy orosz politikus, az orosz védelmi tanács titkára, Ju. **Baturin** űrrepülést hajtott végre a **Mir** űrállomásra. Az orosz politikus (korábban Jelcin orosz elnök tanácsadója is volt) a Szojuz-TM-28 űrhajón indult G. Padalka és Sz. Avgyejev űrhajósokkal. Baturin az űrállomáson részt vett orvos-biológiai, műszaki és biotechnológiai kísérletek lebonyolításában és a Szojuz-TM-27 űrkabinjában szállt le T. Muszabajev és Ny. Budarin társaságában. Űrrepülése után Baturin egyike lett azoknak, akik minden eszközzel arra törekedtek, hogy meghosszabbítsák a Mir űrállomás Föld körüli repülési programját. (Az űrállomás repülését 2001. március 23-án lefékezéssel fejezték be.) Padalka több mint fél évet (199 napot) dolgozott az űrben és a Szojuz-TM-28-on tért vissza a földre I. Bella szlovák űrhajóssal. Avgyejev pedig több mint egy éves (380 napos) űrrepüléséről 1999. augusztus 28-án a Szojuz-TM-29 űrkabinjában érkezett vissza a földre a fél-fél évet (189 napot) Föld körüli pályán töltött V. Afanaszjev orosz és J.-P. Haignere francia űrhajóssal.

1998. október 29. - november 7. A 77-éves John **Glenn**, az USA első űrhajója, aki 1962. februárjában Föld körüli pályán keringett, a **Discovery** űrrepülőgépen (**STS-95**) végrehajtotta második űrrepülését. Ugyanezen az úton járt az űrben az első spanyol űrhajós Pedro **Duque** is.

1998. november 20. A Nemzetközi Űrállomás (ISS) első egységét, az orosz gyártmányú, amerikai finanszírozású **Zarja** („napkelte”) irányító modult Proton rakéta vitte Föld körüli pályára Bajkonur űrrepülőtérről. Az amerikaiak 250 millió dollárt fizettek a Zarja kifejlesztéséért. (Korábbi neve **FGB**, vagyis Functional Cargo Block.) A 25 tonna tömegű, kéthelyiséges, 71,5 m³-es, 13 m hosszú és 4,1 m átmérőjű modul a kezdeti időszakban, 2000 júliusáig, a Zvezda érkezéséig az irányító, pályamódosító vezérlőmodul szerepét töltötte be. A műszeres egységtől hermetikusan elzárható kikötő egységén a hossz tengely irányban egy passzív androgin perifériális dokkolót (APASz) helyeztek el, az amerikai Unity kikötő csatlakoztatására. Oldalra pedig egy passzív hibrid dokkolót szereltek az orosz Szojuz személy- és Progressz teherűrhajók fogadására. A műszeres egység egy nagy raktár volt, az irányító-vezérlő, rádiókapcsolati és hőszabályozó rendszerekkel együtt. Start során itt helyezték el az orosz futószőnyegét és

veloergométert, amelyet 2000. júliusában átvittek a Zvezda lakómodulba. A Zarja modul külső részén 3,8 tonna kapacitású hajtóanyagtartályokat helyeztek el, amelyeket az oldalról dokkoló Progresszektől lehetett utántölteni. Az energiaellátáshoz szükséges napelemtáblákat is kívül két oldalon szerelték a modulhoz. A Zarját fejlesztő Hrunyicsevcég egy tartalék modult is készített **FGB-2**-es jelzéssel, arra az esetre, ha start során a Zarja megsemmisült volna. Ezt az FGB-2 egységet az oroszok átépítik és egy többcélú tudományos modulként (**MLM**, Multipurpose Laboratory Module) indítják majd 2009-ben az ISS-hez.

1998. december 4-16. Az **Endeavour** űrrepülőgéppel (**STS-88**, ISS-2A) felszállították a **Unity** („egység”) amerikai kikötőegységet és csatlakoztatták a **Zarja** modulhoz. Létrejött a **Nemzetközi Űrállomás** (ISS) kétegységes változata. 1998. december 5-én az űrrepülőgép robotkarjával kiemelték a Unity-t és a raktéri zsilipkamrához csatlakoztatták. December 6-án pedig a robotkarral a Zarját fogták be, majd ráhúzták a Unityra. December 7-én és 9-én űrsétákon kívülről ellenőrizték az összekapcsolásokat. Az űrsétákon csatlakoztatták a két egység kábelrendszereit, és különféle antennákat nyitottak ki. Végül december 10-én az öt amerikai és egy orosz űrhajós belülről átszállva felavatta a Nemzetközi Űrállomás első, minimális változatát. December 12-én az űrhajósok visszatértek az Endeavour űrrepülőgépre, majd egy katonai és egy argentin technológiai műhold (SAC-A) pályára helyezése után sikeresen földet értek a Kennedy Űrrepülőtéren.

Az egyterű Unity 5,5 m hosszú, 4,6 m átmérőjű hengeres egység. A henger palástján négy, és két oldalán is egy-egy speciális összekötő egységet és benne lekerekített sarkú, 1,2 m oldalhosszúságú ajtókat helyeztek el. A modul mindkét végére egy-egy hermetikus adaptert (**PMA**, Pressurized Mating Adapter) szereltek, külső szélükön az egységesített amerikai-orosz **APASz** dokkolóval. A Unity a két dokkolóval együtt 11,5 tonna tömegű és 11 m hosszú egység lett. Az egyik APASz-szal a Zarjához kapcsolták, míg a másikhoz az űrrepülőgépek csatlakoztak. 2000 októberében a Unity két egymással átellenes oldalára csatlakoztattak egy újabb dokkolóadaptert (**PMA-3**) és egy **Z1** (Zenith) jelű egységet. A Z1-re 2000 decemberében egy 15,9 tonna tömegű, 15 m hosszú oszlopot helyeztek, melynek tetején a **P6** jelű, hatalmas (35 × 12 m-es) napelemtábla-párt nyitották ki, hatéves használatra. (Ezt az oszlopot és a napelemeket azután 2007-ben vitték végleges helyükre, a nagy amerikai keresztrácsra.) 2001 februárjában a Zarjával ellentétes oldalhoz a **Destiny** („sors”) nevű amerikai kutatómodult kapcsolták. Egy másik oldalsó Unity-összekapcsolóhoz 2001 júliusában a **Quest** nevű, űrsétákhoz használatos zsilipkamrát dokkolták. Egy harmadik oldalsó összekapcsolóra pedig, 2001 márciusától az olasz gyártmányú tehermodulokat (**Leonardo**, **Raffaello**, **Donatello**) kapcsolják egy-egy űrrepülőgépes úton. 2006 végéig az ISS-re az oroszok 13 Szojuz személyszállítóval és 24 Progressz teherűrhajóval, az amerikaiak pedig 21 űrrepülőgépes úttal szállították az újabb egységeket, az utánpótlást, hajtóanyagot és űrhajósokat.

1999. február 20-28. Ivan **Bella** végrehajtotta az első szlovák űrrepülést. Bella a Szojuz-TM-29 űrhajón indult V. Afanaszjev orosz és Jean-Pierre Haignere francia űrhajósokkal nyolcnapos űrrepülésre az orosz Mir modulűrállomáshoz. 1999. február 22-én az űrhajósok átszálltak az űrállomásra. A legérdekesebb közös kísérlet során a Mirre vittek japánfürj-tojásokat, melyekből a Föld körüli pályán kikeltek a madárcák. Amikor a szlovák űrhajós és G. Padalka a Szojuz-TM-28 űrkabinjában visszatért a földre, a hét kis japánfürj a 10°-os hideg kabinban elpusztult (a leszálló kabin nem fűthető, mert az űrhajósok zárt, fűthető szkafanderben ülnek benne). Meglepetésre a szlovák űrhajósnak csak áttételesen kellett fizetnie a kiképzésért és űrrepülésért, mert a szlovákok javasolták, hogy az űrrepülés költségeit vonják le a Szlovákiának járó orosz államközi tartozásból, és ezt elfogadták.

1999. március 27. Az első sikeres indítással üzemelni kezd a közös amerikai-orosz-ukrán-norvég fejlesztésű **Sea Launch** úszó, tengeri starthely (Odyssey) a **Zenit-3SL** hordozórakéták számára (a Csendes-óceán egyenlítői vidékén a 154°-os nyugati hosszúságon). A Sea Launch céget az amerikai Boeing 40%-os, az orosz Enyergija 25%-os a norvég Kvaerner Maritime 20%-os és az ukrán Juzsnoe 15 %-os jegyzéssel hozta létre és működteti 1995 óta.

1999. július 23-28. Az első női parancsnok, E. **Collins** által vezetett **Columbia** űrrepülőgép (**STS-93**) pályára szállítja a **Chandra** nevű (AXAF) amerikai röntgenholdat. Ez a NASA 3. nagy űrtávcsöve. Miután az IUS fokozattal egybeépített 11,8 m hosszú, 5,9 tonna tömegű holdat az űrrepülőgép rakteréből kihelyezték, a rakéta elnyúlt, 330-72030 km-es ellipszispályára vitte. A távcsőben négy hengeres tükörpár segítségével kaptak nagyfelbontású képet a röntgentartományban, a műszereket két spektrométer és egy képalkotó spektrométer egészítette ki. A Chandra először készített érdekes képeket röntgenforrásokról: szupernóva-maradványokról, fekete lyukakról és más objektumokról.

1999. november 19. Az első kínai űrhajó, a **Sencsou-1** automatikus üzemmódban, űrpilóták nélkül repült, űrkabinja egy nap múlva sikeresen leszállt Kínában. A 7,7 tonna tömegű űrhajó repülését hét év alatt még három sikeres, automatikus Sencsou próba követte, majd két űrhajóval, 2003-ban a Sencsou-5-tel és 2005-ben a Sencsou-6-tal egy, majd két kínai űrhajós is Föld körüli pályára repült.

1999. december 3. Leszállt Mars a déli pólusa körzetében az amerikai **Mars Polar Lander** (MPL) és két **Deep Space-2** penetrátor (Cape Canaveral-i start: 1998. január 3.). A leszállás után azonban nem sikerült hírkapcsolatot teremteni egyik leszállóegységgel sem. Miután a légköri leszállás közben a szondák nem küldtek rádióhírt a Földre, nem ismeretes a sikertelenség oka. Az MPL kudarca után döntöttek az amerikaiak arról, hogy a következő leszállások alkalmával a leereszkedés közben is szükséges rövid rádiójeleket küldetni a Földre.

1999. december 10. Elindították az európai nagy röntgenholdat, az **XMM-Newton**-t. A csillagászati műholdat Ariane-5 hordozórakéta indította az ESA Kourou starthelyéről. A 3,8 tonna tömegű, 10 m hosszú holdat 7000-114 000 km magasságú pályára állították. A három képalkotó kamerát, melyek 4 300 cm²-es gyűjtőfelülettel rendelkeznek, az olaszok építették. A műholdon két reflexiós spektrométer és egy 30 cm-es átmérőjű Ritchey-Chrétien-távcső is van. Utóbbi a látható és az ultraibolya tartományban készít képeket. Az európai tervek szerint a Newton európai röntgenműhold 2010-ig marad üzemképes.

1999. december 20-28.. A **Discovery** űrrepülőgép (STS-103) **3. HST-javító** repülésén elkezdték az infravörös műszer (NICMOS) hűtőrendszerének javítását, valamint elromlott pörgettyűket és elektronikákat cseréltek újakra. Öt amerikai és két európai űrhajós vett részt a munkában. Miután a Discoveryvel sikerrel megközelítették és 1999. december 22-én befogták a Föld körül keringő Hubble-űrtávcsövet, az asztronauták három, egyenként 8 órás űrsétán végezték el a korrekciókat. A december 22-én kezdődött első űrsétán lecserélték a HST régi, már nem működő négy pörgettyűjét újakra, mert a távcső már nem volt pontosan irányba állítható. Ezen az űrsétán megkezdték a NICMOS infravörös műszer hűtőrendszerének felújítását, amelyet a 2002. márciusi űrrepülésen fejeztek be. Az 1999. december 23-án kezdődött külső munkán igen kényes, aprólékos feladatot végeztek el az űrhajósok: az űrtávcső központi számítógépének processzorát cserélték le egy modernebbre. A következő napon kezdődött űrsétán ismét egy nem tervezett munkát kellett az űrhajósoknak elvégezniük: a HST két rádióadó-rendszerének egyik leállt berendezését váltották ki egy újjal. Ugyanezen az űrsétán még a távcső fedélzeti, szalagos adatrögzítőjét is szilárd-félvezetősre cserélték. A sikeres javítások után karácsony első napján, december 25-én helyezték vissza önálló pályára a Hubble-űrtávcsövet.

2000. február 9. Első alkalommal indították sikeresen az új, négyfokozatú orosz **Szojuz-Fregat** hordozórakétát Bajkonur űrrepülőtérrel. A 3,4 m átmérőjű, 6 tonnás **Fregat** fokozat 600 km-es pályára állított egy Microsat-2 nevű kis argentin holdat, majd többször kipróbálták a Fregat-hajtómű újraindítását. A start után nyolc és fél órával a Fregat lefékezte önmagát és egy 110 kg-os leszállót küldött a légkörbe. A légkörbelépés után a Lavocskin űrközpont egy új technológiát használt: ejtőernyő helyett héliummal feltöltődő, hőtűrő anyagból készült, 4 méter átmérőjű ballon-kúppal (**IRDT**) oldották meg a fékezést. (A Lavocskin-cég ezt a módszert a Marsz-8 űrszondánál akarta kipróbálni – lásd 1996. november 16.). A Szojuz-Fregat hordozórakéta első startjának és kísérleteinek 1,8 millió eurós költségét a francia-orosz Starsem, a Lavocskin és a DaimlerChrysler Aerospace cég fedezte.

2000. február 11-27. Az **Endeavour** (STS-99) az amerikai Védelmi Minisztérium és a NASA közös űrrepülését hajtotta végre. Ezen a repülésen nyitották ki az elmúlt 50 év legnagyobb, 60 m-es rácsos szerkezetét. Az űrrepülőgépet 57°-os hajlásszögű és 235 km magasságú pályára állították, azért, hogy az 54°-os déli szélességtől a 60°-os északi szélességig a szárazföldekről, egy sztereoszkópikus radarrendszerrel (SRTM) digitális modellt lehessen készíteni. A hat űrhajós legfőbb feladata a 60 m hosszú rácsos oszlop kinyitása volt az űrrepülőgép rakteréből. Az ADAM rövidítésű oszlop tetején elhelyezett SRTM-radarrel mérték aztán végig a földfelszínt. A legkritikusabb momentumnak bizonyult a 60 m-es rács visszahúzása és bezárása a raktérben. Ezt a műveletet február 21-én, többszöri kísérlettel, de sikeresen elvégezte a két amerikai nőtől és három férfiből, valamint egy japán férfiből álló űrhajóscsapat.

2000. február 14. Az amerikai **NEAR** űrszonda megérkezett az Eros kisbolygóhoz és elsőként egy kisbolygó műholdja lett. Az űrszonda egy éven keresztül keringési pályán kutatta a 33×13 km méretű égitestet. Nagy mennyiségű fotót, színképi és lézeres távméréseket készített az óriás kifli alakú kisbolygóról. Megállapította, hogy a sok becsapódásos kicsi és közepes kráter mellett néhány 5-10 km-es óriás kráter, valamint hosszú barázdák is láthatók rajta. Sok kráterben fehéres sávok, rétegek és rengeteg felszíni kődarab is megfigyelhető. A vizsgálatok befejezése után a NEAR 2001. február 12-én leszállt az Erosra. Ez volt az első kisbolygóra történő leereszkedés.

2000. február 16. Megalakult a **MirCorp**, az orosz Enyergija (60%-os) és egy magáncég (Gold & Appel befektetői cég, 40%-os) részvételével, a Mir űrállomás használatának további finanszírozására. Az első MirCorp űrrepülésen A. Kaleri és Sz. Zaljotyin orosz űrhajósok vizsgálták a Mir állapotát 2000. április. 4. és június 16. között. A magáncég és az Enyergija pénzügyi problémái miatt azonban a Mir űrállomás repülését 2001. márciusában befejezték.

2000. július 11. Pályára állt az orosz **Zvezda** („csillag”) lakómodul (amerikai jelzése: ISS-1R). A 24,6 t tömegű orosz központi bázist Bajkonur űrrepülőtérrel indították Proton hordozórakétával. A Zvezda távirányítással csatlakozott a **Zarja** modulhoz és így jött létre a **Unity**-vel együtt a **Nemzetközi Űrállomás** három egységes lakható változata. A Zvezda modult eredetileg a Mir központi egységének cseréjére szánták, de 1998-ban egy lehetséges orosz Mir-2 programban akarták használni. A Mir-2 törlése után, 1997-1999 között teljesen átalakították a Nemzetközi Űrállomás követelményeinek megfelelően. A háromhelyiséges, 89 m³ hermetikus térfogatú (lakótérfogata 46,7 m³), 13 m hosszú, maximálisan 4,2 m átmérőjű Zvezda külső, nem hermetikus részén a műszaki egységben helyezték el az egyesített hajtóműrendszert és tartályokat. A bázisblokk középső, kisebbik hengerére két nagy, 29,7 m fesztávú napelelszárny-párt szereltek, teljesítményük 9,8 kW. Ezekre szükség esetén két-két oldalsó kiegészítő napelem csatlakoztatható ($4 \times 0,5$ kW teljesítménnyel). Az oroszok ezt a modult tekintik fő egységüknek, innen irányítható az egész űrállomásrendszer és itt van két személyi lakókabin, valamint a mosdó és WC fülke is. A Zvezdában található a német fejlesztésű központi számítógép, a geostacionárius műholdakon keresztül üzemeltethető telemetriai rendszer és a rádióparancs-adóvevő. A hátul lévő zsilipkamrát egy, az elől lévő zsilipelő-kikötőkabint két dokkoló egységgel látták el. Az oldalsó dokkolóra 2001 szeptemberében csatlakoztatták a Pirsz nevű orosz zsilipelő-összekapcsoló modult. A Zvezda hajtóanyagtartályait a 2000. augusztus 8-án érkező Progressz-M1-3-mal töltötték fel. A Zvezdában elhelyezendő több berendezést, a tömegkorlátozás miatt, utólag űrrepülőgépekkel és Progressz teherűrhajóval szállították fel.

2000. július 15. Az európai **Cluster II** program első két magnetoszféra-, illetve plazmakutató holdját Szojuz hordozórakéta indította Bajkonurból. Az ESA először 1996. június 4-én indította pályára a magnetoszférakutató Cluster műholdrendszert, de az első Ariane-5 hordozórakéta a startnál felrobbant és a négy hold megsemmisült. A megépült újabb négy Cluster holdat (*Salsa*, *Samba*, *Rumba*, *Tango*) 2000. július 15-én, és augusztus 9-én párosával állították elnyúlt poláris pályára a Szojuz-Fregat rakéták. A holdak feladata a Nap hatásának vizsgálata a földi magnetoszférára. Méréseik alapján a földi mágneses tér háromdimenziós képét, illetve ennek változását határozták meg. Mindegyik Cluster-hold azonos alakú és méretű (2,9 m átmérőjű és 1,3 m vastag) henger,

de azonos a rajtuk lévő 11 darab mérőműszer is (magnetométer és különféle plazmatulajdonságokat mérő készülékek). A bonyolult műholdrendszer szolgálatsszerűen üzemel és várhatóan 2009-ig működik. *A méréseket gyűjtő számítógépes adatbázisok közül az egyik Budapesten, a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetben van, és itt dolgoznak a témával foglalkozó magyar kutatók is.*

2000. október 11-24. A **Discovery** űrrepülőgép (**STS-92**) hat amerikai és egy japán űrhajóssal a Nemzetközi Űrállomásra szállította a **Z1** egységet és a PMA-3-as dokkoló-adaptert. A két berendezést robotkarral csatlakoztatták a Unity-hez és négy űrsétán ellenőrizték a dokkolásokat, valamint a külső kábeleket is összekapcsolták. A Z1 8,8 tonna tömegű, 4,5 m magas vázszerkezet, amelybe négy nagy pörgettyűt (giroszkópot), és hírkapcsolati berendezéseket szereltek. 2000 decemberében időlegesen a tetejéhez kapcsolták a **P6** napelemszárny-párt tartalmazó szerelvényt. A **PMA-3** 1,2 tonna tömegű, maximálisan 1,9 m átmérőjű dokkolóadapter, melynek egyik vége közvetlenül csatlakozott a Unity kikötőhöz, másik végére pedig az amerikai-orosz **APASz** összekapcsoló szerkezetet szerelték.

2000. november 2. Megérkeztek a **Nemzetközi Űrállomásra** az első, állandó személyzet tagjai W. **Shepherd** amerikai, J. **Gidzenko** és Sz. **Krikaljov** orosz űrhajósok. Az első legénységet, amely 2000. október 31-én indult, a Szozuz-TM-31 űrhajó vitte Bajkonurból a Nemzetközi Űrállomás (ISS) Zvezda moduljának „hátulsó” dokkolójához. Feladatuk az űrállomás rendszereinek beüzemelése és a több mint 6 tonna tömegű, korábban felszállított csomag kirámolása volt. A repülés alatt két Progressz teherűrhajó repült az ISS-hez. Ezen kívül három űrrepülőgépet is fogadtak az űrhajósok (2000. november: STS-97, 2001. február: STS-98, 2001. március: STS-102). Az utánpótlási anyagok, berendezések mellett ez idő alatt kapcsolták az ISS-hez az amerikai P6 napelemszárnyat és a Destiny kutatómodult. A sikeres berepülési és űrmunka után Shepherd, Gidzenko és Krikaljov a Discovery (**STS-102**) űrrepülőgéppel tért vissza a földre 2001. március 21-én.

2000. november 30. - december 12. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-97**) négy amerikai és egy kanadai űrhajóssal a Nemzetközi Űrállomásra szállította a **P6** egységet. A berendezést robotkarral csatlakoztatták a Unity-n lévő Z1-hez és három űrsétán ellenőrizték a dokkolást, valamint a külső kábeleket is összekapcsolták. A P6 15,9 tonna tömegű, 15 m magas berendezés három részből áll: egy távolságtartó elemből, két napelemszárny-párt tartalmazó (kétszer 35 × 11,6 m méretű) szerelvényből, és egy elektronikus vezérlőegységből. Utóbbit az elektromos energia tárolására és az űrállomásra juttatására, valamint hőszabályozásra használták (a külső részén elhelyezett hőkisugárzókkal).

2001. február 7-20. Az amerikai **Destiny** („sors”) kutatómodult az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS-98**) felszállította és a **Nemzetközi Űrállomáshoz** (ISS) csatlakoztatta. Az egytermes, 117 m³ hermetikus térfogatú, 8,5 m hosszú, maximálisan 4,3 m átmérőjű hengeres Destiny az ISS legnagyobb belső terű egysége. Két végére egy-egy nagyméretű amerikai összekapcsolót szereltek, lekerekített sarkú ajtókkal. Az egyik összekapcsolót közvetlenül a Unity kikötőmodulhoz csatlakoztatták, míg a másik végére az űrrepülőgépek fogadására alkalmas PAM átjáró-dokkolót helyezték el. A Destiny két oldalán, illetve alul és felül az amerikai tudományos és műszaki kísérleti berendezések szabványosított szekrényeit rendezték el. Ezáltal a Destiny belső része szobaszerűen szögletessé vált. A henger külső részén a **Canadarm-2** robotkarnak vannak rögzítő helyei, illetve a Destinyre szerelték fel 2002. áprilisában az **S0**-jelű szerkezetet. Az S0 az alapja az egyes elemekből (**P1, P3, P5, P6, S1, S3, S5, S6**) összekapcsolható, összesen csaknem 110 m hosszú tartórácsnak. Ezen a hosszú tartóbázison helyezték, illetve – a tervek szerint – 2010-ig helyezik el az energiaellátó napelemszárnyakat, a hűtőrendszer kisugárzó felületeit, a kanadaiak sínen mozgatható robotmanipulátor rendszerét, valamint több, külső kísérleti rendszert.

2001. február 12. Az amerikai **NEAR** űrszonda egyévi kutatás után leereszkedett az **Eros** kisbolygó felszínére, ahol 2001. március 1-jéig még tovább működött. A NEAR űrszonda – bár nem tervezték korábban a leereszkedést – sikerrel hajtotta végre a leszállást a kisebb kövekkel tarkított részen.

2001. március 8-21. Először használják az olasz fejlesztésű, nagy tehermodult, a **Leonardót**, melyet a **Discovery** űrrepülőgép (**STS-102**) 29. útján szállított a **Nemzetközi Űrállomáshoz** (ISS) és hozott vissza a földre a repülés végén. Ezen az űrrepülésen felszállították az első magyar műszert, a **Pille-97** sugárdózis-analizátort is, amelyet a *Destiny* amerikai kutatómodulban helyeztek el. Az **MPLM** jelzésű (Multi Purpose Logistic Module) olasz modulok közül elsőként a Leonardo 76,4 m³ össztérfogatú, 6,6 m hosszú, 4,2 m átmérőjű, henger alakú teherszállító modul került pályára. Két vége kúpos, az egyik oldalon egy nagy amerikai közvetlen kapcsolóberendezése van, ezzel csatlakoztatható az amerikai kikötőmodulhoz. A teherszállító elsejében 9,1 tonna utánpótlási anyagot és berendezést lehet felvinni 16 db tároló szekrényben (méretük: 2,03 × 1,05 × 1,02 m). Teljes terhelésnél a közlekedő térfogat 31 m³ marad. Az MPLM energiaellátó, hőszabályozó, életfenntartó, tűzoltó, telemetriai és adatfeldolgozó rendszerrel van ellátva. A **Unity**-hez való kapcsolódás után az energiarendszer is csatlakozik az ISS rendszeréhez. Az MPLM-ek műszaki élettartama 10 év és 25 űrrepülés. Az Alenia Spazio cég három MPLM szállítómodult készített a NASA megrendelésére (Leonardo, Raffaello, Donatello). Első útján a Leonardo egy hétig volt összekapcsolódva a Unity-vel, 14 szekrényben vittek fel eszközöket és visszafelé 1,2 tonna berendezést, illetve szemetet szállítottak. A Discovery vitte fel az ISS 2. állandó személyzetét (Ju. Uszacsovot, J. Vosst, Susan Helms) és hozta vissza az elsőt (Shepherdet, Krikaljovot, Gidzenkót).

2001. március 23. A **Mir** modulűrállomást, 15-éves működését befejezve, fékezéssel léptették be a sűrűbb légkörbe, szétégett darabjai elsüllyedtek a Csendes-óceánban. Az öt nagy és két kisebb modulból összeépített orosz Mirhez összesen 101 űrhajós (41 orosz, 43 amerikai és 17 más nemzetiségű) repült, 104 űreszközön (31 Szojuz személy-, 64 Progressz teherűrhajó és 9 amerikai űrrepülőgép).

2001. április 19. - május 1. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-100**) 16. útján, négy amerikai, egy kanadai, egy olasz és egy orosz űrhajóssal a **Nemzetközi Űrállomásra** (ISS) szállította a **Canadarm-2** robotkart és utánpótlási eszközöket. Utóbbiakat a második tehermodulban, a **Raffaellóban** szállították. A második kanadai robotkar az elsőnek, amely az űrrepülőgépek rakterének egyik oldalán van elhelyezve, a továbbfejlesztett, lényegesen többet tudó változata. A Canadarm-2 egy 17,6 m hosszú, 1,8 tonna tömegű robotkar, hengeres részeinek átmérője 35,6 cm. Hét szabadsági fokkal, azaz elmozdulási lehetőséggel rendelkezik, többel, mint egy emberi kéz. A második robotkar érdekessége, hogy mindkét végén hasonló csatlakozó van, tehát különböző helyekre lehet rögzíteni. Az ISS teljes felépítése után a nagy rács-oszlopon lévő és sínen közlekedő robotrendszer (MBS) eleme lesz (lásd 2002. július 5.).

2001. április 28. - május 6. Az első űrturista, Dennis **Tito** amerikai üzletember űrutazása a Nemzetközi Űrállomásra a Bajkonurból induló Szojuz-TM-32 űrhajón. Az első űrturistát T. Muszabajev és Ju. Baturin kísérte az űrállomásra, ahova két nap múlva, a Zarja modul oldalsó dokkolójánál csatlakoztak. A három űrhajós a csaknem 8-napos űrrepülés után a Szojuz-TM-31 parancsnoki kabinjában tért vissza a földre. Tito a felkészítésért és az űrrepülésért mintegy 20 millió dollárt fizetett.

2001. június 30. Elindult az amerikai **Wilkinson** Microwave Anisotropy Probe (WMAP) űrszonda Cape Canaveral-ről Delta-2 hordozórakétával. A WMAP feladata a mikrohullámú háttérsugárzás változásának mérésére öt hullámsávban a 22 és 90 GHz közötti tartományban. Az űrszondát három hónapos repülési idő alatt a Földtől 1,5 millió kilométerre elhelyezkedő, külső Lagrange-pontba (L₂) vezérelték. A WMAP mérései az Univerzum korai állapotának vizsgálatában segítik a szakembereket. A WMAP méréseit az első két éves sikeres kutatási program után 2009-ig meghosszabbították.

2001. július 12-23. Az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS-104**), öt amerikai űrhajósa felszállította az amerikai Quest (JAM) zsilipkamrát a **Nemzetközi Űrállomásra** (ISS). A Questet 2001. július 15-én a Canadarm-2 űrállomási robotkarral csatlakoztatták a Unity oldalsó kikötőjéhez. A kétkabinos, két hengerből álló **Quest** 34 m³ térfogatú, 10 tonna tömegű, 5,6 m hosszú és maximálisan 4 m átmérőjű egység. A kisebbik hengere a zsilipkamra, ez nyitható a világűrre. Ebben tárolható két amerikai, űrsétához használható, hajtóműves (rakétaszékes) szkafander. A nagyobbik átmérőjű tároló kabinban, amely közvetlenül a Unityhez kapcsolódik, még két amerikai űrszékes és két orosz (Orlan) űrsétaruha helyezhető el. Külső részéhez négy tartály csatlakozik, két-két nitrogén- és oxigéntároló, ezekből töltik fel az űrséta után a zsilipkabint levegővel.

2001. szeptember 16. Az orosz **Pirsz** („móló”) zsilipelő-összekapcsoló kabint csatlakoztatták a **Nemzetközi Űrállomás** (ISS) Zvezda lakómoduljához. Az SzO1-jelű egységet Szojuz hordozórakétával indították szeptember 14-én Bajkonurból. Az űrállomáshoz a **Progressz** teherűrhajók műszaki egysége juttatta, illetve kapcsolta az orosz központi Zarja modul kikötő egységének oldalsó dokkolójához. A Pirsz összekapcsoló kabin 13 m³ belső térfogatú, 3,8 tonna tömegű, 4,9 m hosszú és maximálisan 2,6 m átmérőjű hengeres egység. Két végén egy-egy orosz aktív és passzív hibrid dokkoló egység található. A passzívvval csatlakoztatták a Zvezda-kikötő oldalsó dokkolójához, az aktív szerkezet pedig Szojuz és Progressz űrhajók fogadására alkalmas. A Pirszben keresztül lehet hajtóanyagot is átjuttatni az űrállomásra. Másik alapvető feladata a kabinnak, hogy zsilipkamraként szolgál. Belsejében **Orlan** űrséta-szkafandereket tárolnak és a palást két oldalán elhelyezett, 1 m átmérőjű hermetikus ajtókon lehet kijutni az űrállomás külső részére. Mindkét ajtót műszakilag 120 nyitás kibírására tervezték. Az űrséta-ajtókra 22, 8 cm átmérőjű ablakokat is felszereltek. A sikeres Pirsz csatlakoztatás és próbák után 2001. szeptember 26-án választották le a kabinról a szállító műszaki egységet.

2001. szeptember 22. Az első kísérleti űrrobot, a **Deep Space-1** amerikai űrszonda, közelről vizsgálta a **Borrelly-üstökös** légkörét és magját. A 486 kg tömegű, Deep Space-1 (**DS-1**) 1998. október 24-én startolt Cape Canaveral-ról Delta-2 hordozórakétával. A robotszonda fedélzetén egy sor új technológiájú berendezést próbáltak ki. A legjelentősebb készülékei az autonavigációs rendszer és az önálló döntéshozó egység („remote agent”), valamint a plazmahajtómű. A robotszonda újdonsága volt még mini rádiórendszere és nagyteljesítményű, különleges napelemei. Műszerei: fekete-fehér kamera és infravörös színeképelemző, valamint ion- és elektronmérő. Az autonavigációs rendszer és a „remote agent” lehetővé tette, hogy saját felvételei alapján határozza meg egy égitest pályáját, közelítse meg, és a méréseket saját döntései alapján végezze, azaz intelligens robotként üzemeljen. A plazmahajtóműnél kezdetben sok probléma jelentkezett, melyeknek legnagyobb részét távirányítással sikerült kiküszöbölni. Útközben, 1999. július 29-én a DS-1 a **Braille**-kisbolygót messziről fotózta, mert a közelrepüléskor (26 km) a robot elfordította a kamerát az aszteroidától. A Deep Space-1 szonda 1999. szeptemberében fejezte be kísérleti programját, de még jól működött, ezért a programot meghosszabbították. A szonda plazmahajtóműveivel úgy módosították pályáját, hogy 2001. szeptember 22-én 2175 km-re megközelítette a Borrelly-üstökösöt. A kiegészítő program igen jól sikerült, a DS-1 szép képeket és sok mérést készített az üstökös 8 km hosszú magjáról. A mérések azt mutatták, hogy az üstökösanyag feketébb a Halley-üstökösénél is. A Borrelly felszíne a napfénynek csak három százalékát verte vissza, valamint melegek és száraznak bizonyult. A hírkapcsolatot a DS-1 szondával december 18-án szüntették meg.

2001. október 23. Mars körüli pályára állt az amerikai **Mars Odyssey** űrszonda (Cape Canaveral-i start: 2001. április 7.). Az első űrszonda, amely neutrontöbblet méréssel 1-2 méter mélységig vizsgálta a marsfelszín vízjégtartalmát. A Mars Odyssey 2,2 × 1,7 × 2,6 m-es szögletes műszertartállyal rendelkezik és egy 6 m hosszúra kinyúló rácsos oszlopon helyezték el gammasugárzás-érzékelőjét. Fedélzetén, 45 kg össztömeggel, három tudományos műszert helyeztek el: a THEMIS kép- és színeképkészítőt, a GRS gamma-spektrométert, valamint a MARIE sugárdózismérőt. A THEMIS műszer 100 m felbontású infravörös képei (6,5-14,5 mikrométeres hullámtartomány) a Mars-felszín részletes

elemösszetételének térképezésére szolgálnak. (A THEMIS a látható tartományban is készít mintegy 20 m felbontású fekete-fehér felvételeket.) A GRS gammaspektrométer-rendszer részben a felszíni elemösszetételt vizsgálja, de amerikai (NS) és orosz (HEND) neutron-spektrométerével a felszín alatti hidrogéndúsulásokat, azaz a felszínhez közeli víz- illetve jégkészletek felmérését végzi. A harmadik műszer, a MARIE rövidítésű készülék már az emberes Mars-expedíciók előkészítését szolgálta, mert azt a sugárzási környezetet vizsgálta, amely majd az űrhajósokat fogja várni a Marson. Utóbbi műszer már nem működik, de a képkészítés és a gamma-, illetve neutronmérések még folytatódnak az űrszondán. A Mars Odyssey legfontosabb eredménye, hogy neutron-spektrométereinek két éves mérései alapján megállapították, hogy mind a déli, mind az északi póluson a talaj felső rétege jelentős mennyiségű vízjeget tartalmaz.

2002. március 1-12. A **Columbia** űrrepülőgép (**STS-109**) útján végrehajtották az infravörös műszer hűtőrendszerének javítását, giroszkópot cseréltek, valamint felszereltek egy új, a látható fény tartományában nagyfelbontású képeket készítő kamerát (ACS). Hét űrhajósa végrehajtotta a **Hubble-űrteleszkóp** (HST) 4. felújítását. A Columbia 2002. március 3-án megközelítette és befogta a Föld körül keringő űrtávcsövet és az asztronauták négy, mintegy hét órás űrsétán végezték el feladatukat. Először március 4-én új, kemény szerkezetűvel váltották fel a régebbi, összetekert fém-fólia-napelemtáblák egyikét, a másikkra és a hozzá tartozó mozgatórendszer cseréjére a másnapi űrsétán került sor. Ugyancsak március 5-én váltották újabb egységre az 1-es sorszámú porgettyűt, melyet 1993. decemberében tettek az eredeti giroszkóp helyére. A március 6-ai külső munka volt a legnehezebb és legveszélyesebb. Ekkor leállították a Hubble-űrteleszkóp működését, mert le kellett cserélni egy új készülékkel a központi tápegység vezérlőjét. A negyedik űrsétán az űrhajósok befejezték a NICMOS infravörös műszer hűtőrendszerének teljes kicserélését egy új berendezésre. Az újabb javítások után a Columbia fedélzetéről március 10-én tették ki ismét önálló repülésre a Hubble-űrtávcsövet.

2002. április 8-19. Az **Atlantis** (**STS-110**) hét amerikai űrhajósa felszállította és a Destiny modulhoz rögzítette az **S0** rácselemet és a rajta mozgó platformot (MT), valamint utánpótlási anyagokkal látta el a **Nemzetközi Űrállomást** (ISS). Az űrállomás lakó- és kutatómoduljait felfűző hossz tengelyre merőlegesen a NASA egy kb. 110 m hosszú rácsos oszlopot tervezett. Ez a 10 elemből, egységből álló rácsoszlop több feladatot lát el: tartja a hatalmas energiaszolgáltató napelemszárnyakat, a hőlesugárzó táblákat, benne és kívül csatlakoztatva különféle szolgálati és tudományos műszereket, berendezéseket lehetett és lehet elhelyezni. A tíz egységet űrrepülőgépekkel szállították, illetve szállítják fel, majd a Föld körüli pályán csatlakoztatják őket egymáshoz. Az egyik oldalon S-sel (Starboard), a másik oldalon P betűvel (Port) jelölik a rácsoszlop elemeit. Az egyes egységek elektromos és egyéb kábeleinek csatlakoztatását a helyszínen, űrséták során végezték, illetve végzik el az űrhajósok. A világűri munkák és szerelések segítésére az oszlop külső részén síneken mozgatható szállító platformokat (Crew Equipment Translation Aid, **CETA**), valamint egy komplex, robotkaros, távirányításos szállító rendszert (Mobile Base System, **MBS**) terveztek.

A rácsoszlop fő tartószerkezete, alapeleme kapta az **S0** jelzést. Az S0-elemet 2002. április 11-én, a Canadarm-2 robotkarral emelték ki az Atlantis rakteréből és óvatosan csatlakoztatták az amerikai tudományos modul, a Destiny oldalához. Az űrhajósok négy űrsétán hajtották végre az S0 stabil, négy teleszkópos karral történő rögzítését a **Destiny-n**, valamint a kábelcsatlakozásokat a többi egység felé. Miután az S0-on elhelyezett mozgó platform Mobile Transporter (**MT**) rögzítését az űrhajósok feloldották, sikeresen kipróbálták a sínen történő elmozdítását. A 0,9 tonna tömegű, 2,7 m hosszú, 2,1 m szélességű, 1 m magas szerkezet feladata a később ráhelyezett mobilalap (MBS) és az ehhez sok helyen csatlakoztatható Canadarm-2 mozgatása a rácsoszlop sínnel ellátott részén.

2002. június 5-19. Az **Endeavour** űrrepülőgéppel (**STS-111**) négy amerikai, két orosz és egy francia űrhajós feljutatta a kanadai szállító rendszer alapelemét (**MBS**). Ezen kívül a Leonardo modulban utánpótlást szállítottak és lecserélték a **Nemzetközi Űrállomás** (ISS) állandó személyzetét. A külső munkákat három űrsétán végezték el az űrhajósok. Az

MBS szállító mobilalap rendszer 1,5 tonna tömegű, $5,7 \times 4,2 \times 2,7$ m méretű berendezés, amelyet a sínen történő mozgatáshoz az MT jelű platformra csatlakoztattak. Az űrrepülésen az Endeavour felvitte az ISS ötödik állandó legénységet (Korzun, Whitson, Trescsov) és visszahozta a földre a negyedik állandó személyzet űrhajósait (Onufrienko, Walz, Bursch).

2002. október 7-18. Az **Atlantis** űrrepülőgéppel (**STS-112**) a 26. űrrepülésen öt amerikai és egy orosz űrhajós felszállította az S1 hőlesugárzó rácselemet, az első CETA szállítókokcsit és utánpótlási anyagokat a **Nemzetközi Űrállomásra**. Az **S1** rácselem az űrállomás nagy rácsos oszlopának 12,6 tonna tömegű, 13,8 m hosszú, 4,6 m magas és 3,4 m széles, harmadikként felszállított eleme. Az S1-en kívülre három, egyenként 3,4 m széles aktív hőlesugárzó radiátor volt felszerelve összehajtogatott állapotban. A nyolc részes radiátorok maximálisan 23,9 m hosszúra nyithatók ki. A **CETA** az űrhajósok és különféle felszerelendő, vagy lecserélendő berendezések szállítására szolgál a nagy, 110 m hosszú rácsos oszlop S- és P-napelemtáblái közötti részén. A 283 kg-os, $2,5 \times 2,4 \times 0,9$ m méretű CETA egy kis teherkocsi, amely az űrhajósok munkáját könnyíti. Az Atlantis ISS-hez történő dokkolása után 2002. október 10-én az S1-et a Destiny modul S0 rácsalapjához rögzítették és vele együtt a rácsoszlop sínen lévő CETA-A szállítókokcsit. Három űrséta során végezték el a külső, elektromos és hidraulikus vezetékek csatlakoztatási munkáit Sellers és Wolf űrhajósok. Október 14-én aztán földi parancssal 22 m hosszúra nyitották ki az S1 rácselem középső hőlesugárzó radiátorát. A két oldalsó összecsukott állapotban maradt.

2002. október 30. - november 10. Az újabb típusú orosz személyűrhajó, a **Szojuz-TMA-1** Bajkonur űrrepülőteréről három űrhajóssal (Sz. Zaljotyin, F. De Winne, Ju. Loncsakov) a Nemzetközi Űrállomáshoz repült és végrehajtották az elő orosz-belga űrrepülést. De Winne és társai 16 belga és 6 orosz kutatási kísérletet végeztek el. A közös program befejeztével a három űrhajós a Szojuz-TM-34 űrkabinjában tért vissza a földre. A Szojuz-TMA űrhajó a régebbi Szojuz-TM megújítása volt a NASA javaslatának megfelelően. Az A betű az antropometrikus változtatást jelentette, azaz amerikai kérésre megnövelték az űrkabin üléseinek és belső szabad térfogatának méretét, hogy a nagyobb NASA-űrhajósok is elférjenek benne. Az új űrhajóban maximálisan 190 cm magas (régebben 185 cm), és 95 kg-os (régebben 85 kg-os) űrhajósok repülhetnek. A Szojuz-TMA-1 repülése 2003. május 4-én ért véget, űrkabinjában az űrállomás hatodik állandó legénysége, Ny. Budarin orosz, valamint K. Bowersox, és D. Pettit amerikai űrhajósok tértek vissza. Az ő űrrepülésük két hónappal meghosszabbodott, mert a Columbia 2003. február 1-i tragikus szétválása miatt nem tudtak az eredeti tervnek megfelelően űrrepülőgépet küldeni értük. A földetérést mindkét amerikai meglehetősen rosszul viselte el, mert műszaki hiba miatt a lényegesen nagyobb megterhelést jelentő ballisztikus leszállást vezérelte az automatika. Mivel a földetérés 440 km-rel eltért a tervezettől, csak négy óra múlva tudták menteni a három űrhajóst.

2002. november 2. A **STARDUST** amerikai űstökösszonda megközelítette és fotózta az Annefrank kisbolygót. (Az űrszondát 1999. február 7-én indították Cape Canaveral-ről. **Nap körüli pályáján** a szonda 2000. március és május, valamint 2002. augusztus és december között a csillagközi és a bolygóközi térből, valamint az űstökösökből származó porszemcséket, illetve a Naprendszer őanyagának maradványait, mintáit gyűjtötte. Az Annefrank melletti elrepülés után, 2004. január 3-án a STARDUST megközelítette a Wild-2 űstököst és mintákat hozott légköréből. A visszatérő tartály, az űstökös- és csillagszélmintákkal 2006. január 15-én szállt le a Földre.) Az űrszonda az **Annefrank kisbolygót** 3300 km-re közelítette meg, elrepült mellette és 71 felvételt készített róla navigációs kamerájával. Az aszteroida öv főzónájában keringő kisbolygó a vártnál kétszer nagyobbak, kb. 4 kilométer átmérőjű, szabálytalan alakú hosszúkás égitestnek bizonyult. Felszíne meglehetősen sötétnek mutatkozott, a napfénynek alig 1-2 százalékát verte vissza.

2002. november 24. - december 7. Az **Endeavour** űrrepülőgép (**STS-113**) 19. repülésén hat amerikai és egy orosz űrhajós felszállította a **P1** hőlesugárzó rácselemet a CETA-B kokcsival. Az űrrepülőgép utánpótlási anyagokat is vitt a **Nemzetközi Űrállomásra** és lecserélték állandó személyzetét. Az **P1** rácselem az űrállomás nagy

rácsos oszlopának ugyanolyan eleme, mint az S1. Az P1-en kívülre is három, egyenként 3,4 m széles aktív hőlesugárzó radiátor volt felszerelve összehajtogatott állapotban. A nyolc részes radiátorok maximálisan 23,9 m hosszúra nyithatók ki. A **CETA** (lásd 2002. október 7.) az űrhajósok, és eszközök szállítására szolgál, a nagy 110 m hosszú rácsos oszlopon. Az Endeavour 2002. november 25-én dokkolt az ISS Destiny modulján. Másnap az űrrepülőgépi és a Canadarm-2 robotkarral a P1-et az S0 rácsalaphoz csatolták. Három űrséta során végezték el a külső, elektromos és hidraulikus vezetékek csatlakoztatási munkáit és különféle javításokat. A második űrsétán a CETA-B kocsit a P1-ről robotkar segítségével kézben átvitték az S1-re a CETA-A mellé, így állt össze az első „űrvonat”, az MT „mozdonyból” és két kis kocsiból állt. Az űrrepülésen az Endeavour felvitte az ISS hatodik állandó legénységét (Bowersoxot, Budarint, Pettit-et) és visszahozta a földre az ötödik állandó személyzet űrhajósait (Korzunt, Whitsont, Trescsovot.)

2003. február 1. Az amerikai **Columbia** űrrepülőgép (**STS-107**) 28. úrutján, 16 napos Föld körüli önálló kutatórepülés után, a légkörbe való belépéskor, stabilitását veszítette és szétégett. A hét űrhajós Rick Husband, William McCool, Michael Anderson, Kalpana Chawla, Dave Brown, Laurel Clark és az izraeli Ilan Ramon életüket veszítették. A Columbia 2003. január 16-án indult Cape Canaveral-ről. A felszállása során a nagy, barna színű hajtóanyagtartály szigetelő burkolatából levált egy darab és ez kisebb sérülést okozott az űrrepülőgép bal szárnyának belépőélén. A levált poliuretánhab-darab $48 \times 29 \times 14$ cm méretű és 0,76 kg-os volt. (Sajnos a sérülést csak a tragédia után minősítették súlyosnak, mert ilyen típusú, a rezonancia miatt leszakadt kisebb darabokat korábbi űrrepülőgépes utak során is észleltek. Ezek azonban korábban nem okoztak problémát a visszatéréseknél.) A repülésen az űrhajósok két váltásban dolgoztak a raktérben elhelyezett Spacelab fedélzetén, ahol csaknem 100 orvos-biológiai, űrfizikai, anyag- és égéstechnológiai kísérletet végeztek el. Ramon űrhajós különleges, elf és sprite elnevezésű, nagyenergiájú fényléseket fotózott több légköri vihangóc felett, 30-200 km magasságban. Február 1-jén a Columbia lefékezése, a föld felé irányítása szabályosan megtörtént. A sűrűbb légkörbe való belépéskor azonban, 120 km és 60 km magasság között, a sérülésnél átégett a Columbia szárnya. Emiatt elvesztette leszállási stabilitását, elfordult és lángolva darabokra szakadt. A tervezett leszállás előtt 16 perccel az űrhajósok meghaltak. A roncsok 400 km-es sávban, főleg Texas állam területén a földre hullottak. A tragédia okainak vizsgálatára a roncsok jelentős részét utólag összegyűjtötték. Az amerikai űrrepülőgépes űrutazások a Columbia-tragédia után két és fél évig szüneteltek.

2003. augusztus 25. Pályára állították a **Spitzer** (SIRTF) nevű amerikai infravörös csillagászati holdat, a NASA nagy obszervatóriumok sorozatának utolsó tagját. A holdat Delta-2 hordozórakétával indították Cape Canaveral-ről. A NASA ezt a hatalmas tükrös távcsövet mintegy 1,2 milliárd dollárért fejlesztette és indította. A SIRTF (Space Infrared Telescope Facility) a 3-180 mikrométeres tartományban észleli a csillagászati objektumokról érkező elektromágneses sugárzást. A világ legnagyobb infravörös távcsővével olyan területeket vizsgálnak részletesen, melyeken csillagok születését, kis-méretű csillagok kialakulását, földönkívüli bolygókat, hatalmas molekuláris felhőket, illetve szerves molekulákat lehet felfedezni. Az űrtávcsővel kutatják továbbá a távoli csillagvilágokat, a galaxisokat és ezek központi vidékeit, amelyek a látható tartományban nem figyelhetők meg az előttük lévő csillagok zavaró fényétől. A SIRTF csillagászati rendszer három részből, egy 85 cm átmérőjű tükörrel ellátott távcsőből, a detektorokat hűtő rendszerből és három érzékelő műszerből áll. Az új űrtávcső szolgálati rendszere az elektronikus irányító-vezérlő egységből és az energiát biztosító napelemekből tevődik össze.

2003. augusztus 31. A magyar **Pille-MKSz** sugárdózis-analizátort a Bajkonur Kozmodromról indított Progressz-M-48 orosz teherűrhajó az ISS **Zvezda** moduljához szállította. A Pillét az orosz fedélzeti egészségügyi-szolgálati rendszerébe állították. A Pille-analizátorral, a dózismérő kapszulák segítségével az űrhajósok rendszeresen ellenőrzik azt, hogy adott időtartam alatt mekkora sugárdózis érte szervezetüket az ISS fedélzetén, illetve űrséták alkalmával. **Simonyi Károly**, magyar származású számítástechnikai szakember is dolgozott a Pillével az űrállomáson (lásd 2007. április 7.). A Pille-méréseket adatkártyákon a hazai szakértők is megkapták és feldolgozzák.

2003. szeptember 24. *Publikálták a mai marsi élet magyar hipotézisét (DDS-MSO hipotézis), mely a sötét dűnefoltok (DDS) kialakulását biológiai okokkal magyarázza. A feltételezett marsfelszíni mikroorganizmusok (MSO) hatását 2001-ben, Houstonban mutatták be először a világ szakmai közösségének. A Mars pólusvidékein a télen megjelenő fehér hó-jégtakarón, napfelkelte után sok millió, tucat méter átmérőjű sötét folt tűnik elő. Az amerikai szakértők a jelenséget gejzír-jellegűként, a hazai szakemberek pedig esetleges marsi mikroorganizmusok hatásával magyarázzák.*

2003. október 1. Létrehozták az egységes japán űrszervezetet (**JAXA**, Japan Aerospace Exploration Agency) a NASDA, az ISAS és az NAL egyesítésével. Feladata a japán űrtechnika, űrkutatás és űrhajózás fejlesztése, űrközpontok működésének irányítása, műholdak, űrszondák megalkotása, indítása, valamint üzemeltetése. Az 1969. október 1-jén alakult **NASDA** (National Space Development Agency of Japan) felelős a folyékony hajtóanyagú hordozórakéták és gyakorlati célú mesterséges holdak fejlesztéséért, valamint a Tanegashima űrközponttól történő indításáért. A NASDA foglalkozik a japán űrhajósokkal és építette a Nemzetközi Űrállomásra szánt japán kutatómodult a **Kibót** is. Az **ISAS** (Institute of Space and Astronautical Science) 1970-ben jött létre, a tokiói egyetemmel közös kutatóintézetként szilárd hajtóanyagú hordozórakéták, tudományos űreszközök fejlesztésére és az uchisourai starhelyről történő indítására. A **NAL** (National Aerospace Laboratory of Japan) japán állami szervezet, amely különféle repüléstechnikai berendezések kutatásával és fejlesztésével foglalkozik.

2003. október 15-16. A **Sencsou-5** kínai űrhajón az első kínai űrhajós **Jang Li-vej** sikeres, 21 óráig tartó űrrepülést hajtott végre. Az űrhajót a kínai fejlesztésű CZ-2F hordozórakéta indította. A Sencsou űrhajó az orosz Szojuz-T űrhajó technológiáján alapul, melynek fontosabb elemeit az oroszok átadták a kínaiaknak. Ugyanúgy három részből áll: a napelemekkel felszerelt műszaki egységből, a háromszemélyes űrkabinból és egy orbitális egységből. A különbség az, hogy a kb. 8 tonna tömegű űrhajó átmérője 2,5 m (30 cm-rel nagyobb a Szojuzénál), az orbitális egység hengeres alakú és szintén napelemekkel van ellátva. Mivel ez a kabin önálló telemetriai, hőszabályozó és energiaellátó rendszerekkel rendelkezik, alkalmas független Föld körüli repülésre. Ebben a kabinban fotókamerák és különféle egyéb kutatási berendezések helyezhetők el. A Sencsou orbitális kabinokat, mintegy fél éves időtartamban, felderítő és kutató műholdként is üzemeltették.

A **CZ-2F** kínai hordozórakéta 465 tonna tömegű és 150 km magasságú pályára kb. 9,2 tonnás űreszközt tud felszállítani. (A CZ a Chang Zheng, Csang Zseng, magyarul Nagy Menetelés rövidítése.) A Sencsou űrhajó első, pilóta nélküli próbája 1999. november 19-én volt. A Sencsou-6 űrhajón pedig 2005. október 12–16. között már két kínai űrhajós (Fej Csun-lung, Nye Haj-seng) hajtott végre űrrepülést Föld körüli pályán.

2003. december 25. Az első európai Mars-szonda, a **Mars Express** (bajkonuri start: 2003. június 2.) Mars körüli pályára állt, és megkezdte sikeres kutatási programját. Az űrszondáról 2003. december 19-én leválasztott **Beagle-2** biológiai kutatóegység leszállása sikertelen volt, nem tudták vele felvenni a hírkapcsolatot. (A Beagle-2 leszállószonda programján geológiai, geokémiai, meteorológiai és életkutatási kísérletek szerepeltek. A 60 kg-os egységből egy kerek és lapos, 40 cm átmérőjű és 15 cm magasságú kutatólaboratórium szállt volna le a Mars felszínére az Isidis medence déli részén. A leszálló brit fővállalkozásban készült, de berendezéseinek kifejlesztésében dán, francia, hong kongi, német, orosz és svájci szakemberek is részt vettek.) A 1,5 × 1,8 × 1,4 m méretű, hatalmas napelemtáblákkal és parabolaantennával ellátott Mars Express (MEx) űrszondán a tudományos berendezések össztömege mintegy 116 kg. (A szonda fedélzetére sok olyan berendezés javított változatát építették be, amelyeknek elődei a tragikus sorsú Mars-8 űrszondán jutottak volna a vörös bolygóhoz, lásd 1996. november 16.). A MEx-en található műszerek jelentős része olyan helyeket keres, amelyek alkalmasak lehetnek az élet hordozására, és kutatja a szilárd vagy gáz halmazállapotú H₂O nyomait. Ennek érdekében a HRSC kamera színes felvételeket készít a kiszáradt folyómedrekről, az OMEGA spektrométer OH-nyomokat tartalmazó ásványok után kutat, a MARSIS radar pedig a felszín alatti jeget és vizet keresi. A PFS és a SPICAM spektrométerek a légköri vizgőzt analizálják, végül az ASPERA műszerrel a légkörből

megszökő semleges atomokat, különösen a vízből az oxigént keresik.

A Mars Express 2003. december 25-én érkezett a vörös bolygóhoz. Először egyenlítői, majd egy nagyon elnyúlt 200-147 500 km-es, 86,4°-os hajlásszögű pályára került, amelyet 259-11 560 km-es, 7,5 óra keringési idejűre módosítottak. A szonda MARSIS radarantennáit 2005 nyarán nyitották ki. A Mars Express űrszonda eddigi legfontosabb eredményei: felfedezték, hogy a Mars déli pólusánál a felszínen is van vízjég, meghatározták a marsi vulkánok lávakifolyásainak korát, az északi féltekén tucatnyi 200-300 km átmérőjű, teljesen befedett krátert találtak a MARSIS mérései alapján. A ESA a Mars Express programját 2009-ig meghosszabbította.

2004. január 2. A **STARDUST** amerikai űrszonda megközelítette a **Wild-2** üstököst és mintákat fogott be annak légköréből. (Az űrszondát 1999. február 7-én indították Cape Canaveral-ról. Nap körüli pályáján a szonda 2000 márciusa és májusa, valamint 2002 augusztusa és decembere között interplanetáris pormintákat gyűjtött, valamint 2002 november 2-án elrepült az Annefrank kisbolygó mellett.) A 385 kg tömegű STARDUST űrszondán egy navigációs kamerát, egy poranalizátort, egy porsűrűség-mérőt és a visszatérő tartályban több aerogéles mintagyűjtő lapot helyeztek el. A szonda a tartályban lévő, aerogél kazettákat tartalmazó lapokat a pálya különböző részein nyitotta ki a csillagközi térből beérkező részecskéknél, valamint az üstököslégkör porrészeinek befogására. Az **aerogél** egy szilikátos, kis sűrűségű, porózus anyag, amelyben elakadnak a becsapódó porrészek. Az űrszonda 2004. január 2-án mintegy 240 km-re közelítette meg az üstökös magját, amelyről 72 felvételt készített. A képek segítségével megállapították, hogy hét nagyobb gáz- és porkitörés indult ki az üstökös magjából. A mag közelében, a kitörések közötti térségekben azonban igen alacsony volt a légkör sűrűsége. Az űrszonda aerogéles mintavevőjével sikeresen begyűjtött az üstökösmagból kirepülő poranyagból. A STARDUST visszatérő tartálya 2006. január 15-én szállt le a Földre az üstökös- és csillagszélmintákkal.

2004. január 4. A **Spirit** amerikai marsautó simán leszállt a Mars Gusev-kráterében. Az autót szállító leszálló egységet Cape Canaveral-ról indították 2003. június 10-én. A marsi leszállási fékezés a Mars Pathfindernél (lásd 1997. július 4.) alkalmazott hővédőpajzsos légköri, ejtőernyős, rakétás és 24 ballonos módszerrel történt. A Spirit autó a tervezett három hónap helyett több mint három évet működött, sok tízezer képet, talaj- és szikla összetételre vonatkozó adatot, valamint mikroszkópos felvételeket küldött a Földre. Mérései alapján megállapították, hogy a Gusev-kráter talaja és kővei olivines bazaltból állnak. Néhány vas-nikkel meteoritot is felfedezett a Mars felszínen. A Spirit felmászott a 80 m magas Columbia-hegyre, majd a déli oldalon a mögötte lévő síkságra is lejutott. 2004 és 2007 között mintegy 7 km-es terepet vizsgált át.

A 185 kg tömegű, **MER** (Mars Exploration Rover) rövidítésű Spirit egy hatkerekű robotautó, amely geológiai mérések és nagyfelbontású felvételek készítésére alkalmas. Műszereit egy 1,6 m magas árbocon és az autó elején lévő robotkaron helyezték el. Az energiát napelemek állítják elő, vezérlő elektronikája egy zárt tartályban helyezkedik el. A sztereo panoráma-feltevő (Pancam) az árboc tetején két, 27 kg-os CCD-kamerával, 11 színszűrővel nagy részletességű képeket készít 360 fokos látószögben. A hőspektrométer (Mini-TES) a talajról készít színeképeket, segítségével anyagösszetétel-térképet készíthetnek. E műszer „szeme” az árboc tetején, a kamerák alatt lévő letapogató optikai rendszer. A MER autó robotkarja a központi egység aljára erősített és maximálisan 90 cm-re kinyújtható berendezés. Három, motorokkal mozgatható „csuklórendszere” van, a végén négy készülék helyezkedik el. A mikroszkópos képalkotó (MI) egy mikroszkóp és egy CCD-kamera kombinációja, amely közeli fekete-fehér képeket készít. A Mössbauer-spektrométer (MB) a vastartalmú ásványok részletes vizsgálatára szolgál. Egy Mössbauer-mérés 12 óráig tart. Az alfa-röntgen színeképelemző (APXS) lehetővé teszi a talaj elemösszetételének meghatározását. Egy-egy APXS- és MB-mérés 10-12 órát vesz igénybe. A robotkar végén a negyedik egy köcsiszoló készülék (RAT). Ez a 72 kg-os berendezés nagy sebességgel képes egy 45 milliméter átmérőjű **kőfúrást** elvégezni, a legkeményebb sziklába is. A Spirit legfontosabb eredménye az, hogy a Gusev-kráterben valamikor vulkanikus tevékenység létezett és folyékony víz nyomait is megtalálták.

2004. január 25. Az **Opportunity** amerikai marsautó (Cape Canaveral-i start: 2003. július 8.), a Spirit tartaléka leszállt a hematitban gazdag Meridiani-síkságon. A tartalék MER autó (lásd 2004. január 4.) a Spirittel ellentétes oldalon, a marsi egyenlítőhöz közelebb ért talajt. Több, mint három évet működött, sok tízezer képet, talaj- és sziklaösszetéti adatot, valamint mikroszkópos felvételeket küldött. A leszállás után az Opportunity ballonsomagja egy 22 m átmérőjű kis kráterben állapotodott meg. Az **Eagle-kráter** két meglepetést okozott a szakértőknek: fehér aljatköze jaroitnak, sok-sok pici gömböcskéje (szferulái) pedig **hematitos**nak bizonyult. Kéthónapos kutatás után az Opportunity felkereste az Endurance-krátert és engedélyezték, hogy belemásszon. A kráter rétegeinek megfúrása és alapos vizsgálata után sikerült kigördülnie, sőt meglátogatta a talajra becsapódott **hővédőpajzsát**. A pajzs közelében fedezték fel az első marsi vas-nikkel **meteoritot**. Dél felé haladtában útközben az Opportunityt kétszer is baj érte, mert 10-15 cm-re beásta magát a homokba, de sikerült ezekről a helyekről is kimásznia. A 2006-os évbéli, erőltetett menetének köszönhetően az autó elérte a terület legnagyobb és legmélyebb helyét, a 750 m átmérőjű Victoria-krátert, amelybe le is ereszkedett. 2004 és 2007 között az Opportunity majdnem 12 km-es terepet járt be és vizsgált át. Az Opportunity legfontosabb eredménye az, hogy a jaroitos aljatközet és a hematitos szferulák jelezik: a Meridiani-síkságon régen sós tenger lehetett.

2004. március 2. Elindították a **Rosetta** és a **Philae** európai űrszondapárost a Csurjumov–Geraszimenko-üstököshöz, melyet 2014-ben fog műholdpályáról tanulmányozni. A startot az ESA kouroui űrrepülőteréről Ariane–5 hordozórakétával hajtották végre. A Rosetta műszerei az üstökösléggör gáz részét (ALICE, ROSINA) és a port (COSIMA, GIADA, MIDAS), valamint a felszín alatti hőmérsékletet (MIRO) vizsgálják. OSIRIS kamerája kis- és nagylátószögű felvételeket készít, RPC műszere a plazma-viszonyokat tanulmányozza, a VIRTIS pedig a mag felszínének hőmérsékletét méri. A Philae leszállón lévő műszerek: kamera (CIVA, ROLIS), talajvizsgáló (APXS, MUPUS), gázmérő (COSAC), izotóposztétel-vizsgáló (MODULUS), plazmamérő (ROMAP), mintavevő (SD2), valamint három berendezés a felszíni rétegek hangvezetésének, elektromos tulajdonságainak és a visszaeső pornak a mérésére (SESAME). A Rosetta útja háromszor tért, illetve tér vissza a Földhöz (2005. március 4-én, 2007. november 17-én és 2009. novemberében), és egyszer megközelítette a Marsot (2007. február 25-én), hogy megkapja a kellő lendületet a Csurjumov–Geraszimenko-üstökös megközelítésére. Útközben vizsgálja majd a kisméretű Šteins (2008. szeptember 5.) és a 100 km-es Lutetia (2010. július 10.) kisbolygót is. 2011 májusa és 2014 januárja között az űrszonda a kisbolygóövezeten, illetve a Jupiter pályáján túlra repül, ezért hibernált állapotban lesz. Az üstökösrandevút 2014 május-augusztusa közötti időszakra tervezik. Ekkor a szonda keringeni kezd az üstökös körül, majd leengedi a 100 kg-os Philae leszállót a mag felszínére. *A Rosetta elkészítésében magyar kutatók is fontos szerepet játszottak. A BME Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéke a leszálló energiaellátó rendszerének, a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézete az RPC plazmaműszerének fejlesztésében és a Philae vezérlő számítógépének (CDM) elkészítésében vett részt. A leszálló mérőműszerei közül a KFKI Atomenergia Kutató Intézetének űrkutatói a SESAME részét alkotó DIM akusztikus pordetektort és a ROMAP-hoz tartozó SPM töltőtérészecske spektrométert alkotta meg.*

2004. március 9. Az orosz kormány létrehozta az **FKA** (Federalnoje Koszmiczeszkoje Agensztvo, „Szövetségi űrügynökség”, **Roszkoszmosz**) elnevezésű állami szervezetet az orosz űrtevékenység, valamint az orosz nemzetközi űregyüttműködés koordinálására és végrehajtására. Az FKA vezetője Anatolij Perminov lett. Az FKA-hoz hasonló feladatokat látott el az 1991-ben megalakított **Glavkoszmosz**. 1992. február 25-én Jurij Koptjev vezetésével létrejött az **RKA** (Rosszijszkoje Koszmiczeszkoje Agensztvo, „Orosz űrügynökség”), majd ennek átalakításával 1999. júniusában a **Roszaviakozmosz** (Rosszijszkoje Aviacionno-Koszmiczeszkoje Agensztvo, „Orosz légi- és űrügynökség”).

2004. június 21. A B. **Rutan** tervezte **SpaceShipOne (SS1)**, 3,6 tonnás) amerikai magánűrhajó űrgrása M. **Melvill** pilótával 100 km magasság fölé repült. Az SS1-gyel az űrgrásokat 2004. szeptember 29-én Melvill és október 4-én B. Binnie pilóták megismételték, és ezzel a Scaled Composites cég elnyerte a 10 millió dolláros **Ansari X-díjat**. 2009-től azt tervezik, hogy az **SS2**-vel (Virgin SpaceShip – VSS – Enterprise) díjazás ellenében űrturistákat indítanak űrgrásokra.

2004. július 4. Szaturnusz körüli pályára állt az amerikai-európai **Cassini-Huygens** űrszondapáros, ez lett a bolygó első műholdja. Az űrszondát 1997. október 15-én indították Titan–4B hordozórakétával. A Cassini feladata a Szaturnusznak és kiterjedt holdrendszerének vizsgálata, az európai fejlesztésű Huygens szonda pedig az óriás Titan hold légkörében végzett leszállás közbeni méréseket (lásd 2005. január 14.). A 6,8 m magas és 4 m széles Cassini 2,2 t tömegű űrszonda, amely tartályaiban 3,2 t hajtóanyagot szállított. Az űrszonda pályamódosításait és helyeztetszabályozását 16 kis pozíciós hajtómű biztosítja. 11 méter hosszú rúdon helyezték el a mágneses tér mérésére szolgáló műszert. Energiaellátására három radioizotópos termoelektromos generátor (RTG) szolgál. A Cassinin 11 tudományos műszert helyeztek el. A képkészítő rendszer (ISS) egy szűk és egy széles látószögű kamera. A holdak felszíni ásvány- és kémiai elem-eloszlását vizsgálja a látható és az infravörös tartományban működő spektrométer (VIMS). A légkörök, a gyűrűk részletes vizsgálatára szolgál a kompozit infravörös spektrométer (CIRS) és az UV-képképező spektrográf (UVIS). A Cassini radarja a sűrű légkörű Titan hold felszínének térképezését végzi, de a gyűrűrészek és a jéghegyek vizsgálatára is használják. A plazmaspektrométer (CAPS) a magnetoszférában lévő elektronok és ionok tulajdonságait méri, hasonló kutatásokat lehet végezni az ion- és semleges tömegeket mérő spektrométerrel (INMS). A kozmikuspor-analizátor (CDA) a gyűrűben, a jéghegyeknél és a magnetoszférában vizsgálja a porösszetételt. A magnetométer (MAG) a Szaturnusz mágneses terének adatait és azok változásait méri. A magnetoszférikus képképező (MIMI) az első olyan műszer, amely nemcsak a mágneses tér paramétereit határozza meg, hanem képet is készít a magnetoszféráról. A Cassini űrszondából kiálló két rúddal a bolygó körüli plazmaviszonyokat lehet tanulmányozni.

A 350 kilogramm tömegű **Huygens** fedélzetén kamerák, sugárzásmérők, gázkromatográf, tömegspektrométer és meteorológiai műszerek szolgáltak a Titan hold légkörének és felszíni viszonyainak felmérésére. A Cassini-Huygens páros 2004. július 1-jén közelítette meg legjobban a Szaturnuszt, átrepülve a vékony G- és F-gyűrű között. Ezután mintegy 96 percre bekapcsolódtak főhajtóművei és e fékezéssel bolygó körüli pályára állt. A nagy űrszonda ezzel kezdte meg 70 Szaturnusz körüli keringésre kidolgozott, négy évesre tervezett kutatási programját. *A Cassini űrszonda plazmaműszereinek és magnetométerének programjában a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézete is részt vett.*

A Cassini űrszonda legmeglepőbb eredményei: a Titanon sötét folyókra, tavakra, tengerekre emlékeztető alakzatok vannak, a Szaturnusz gyűrűi helyenként csavarodottak, az Enceladus hold déli pólusánál a jégfelszínről gejzírek törnek fel.

2004. augusztus 3. Elindult az első, Merkúr-műholdnak szánt amerikai űrszonda, a **MESSENGER** (MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry and Ranging). Az űrszonda Delta–2 hordozórakétával startolt Cape Canaveral-ról és fő feladata az, hogy a legbelső bolygó részletes felderítését végezze el. Az 1,1 tonna tömegű MESSENGER 0,6 tonna hajtóanyagot vitt magával. Műszerei: képrögzítő kamerapár (MDIS), gammasugár- és neutron-spektrométer (GRNS), röntgenspektrométer (XRS), magnetométer (MAG), lézeres magasságmérő (MLA), légkör- és felszínösszetétel spektrométer (MASCS), nagyenergiájú részecske- és plazmaspektrométer (EPPS). Útja során a szonda több hintamanővert is végez: a Föld és a Vénusz mellett, majd háromszor is elhalad a Merkúr közelében (2008. január, 2008. október, 2009. szeptember). A start után hat és fél évvel, 2011. március 18-án áll a bolygó körüli pályára. A Merkúr első műholdja elnyúlt, 12 órás keringési idejű pályán 200–15193 km magasságban jár majd a felszíntől.

2004. szeptember 8. A **Genesis** napszélrészecske-gyűjtő amerikai űrszonda mintaszállító tartálya visszatért a Földre, de ejtőernyőhiba miatt becsapódott. Az űrszondát 2001. augusztus 8-án indították a Cape Canaveral-i starthelyről és 2001. november 16-án állt pályára az L1 Lagrange pont körül, a Földtől 1,5 millió km-re a Nap irányába. December 3-ától 2004. április 1-jéig a Genesis gyűjtötte a napszélrészecskéket több speciális érzékelőlap segítségével. A gyűjtés befejeztével a közel kör alakú, sokszögű lapokat visszahelyezték a leszálló kapszulába és az űrszonda a Föld felé indult. A Genesisről 2004. szeptember 8-án a Föld közelében levált a visszatérő tartály és belépett a sűrű légkörbe. Mivel nem nyílt ki a légköri fékezőernyő, a leszálló tartály 311 km/h sebességgel a földbe csapódott és összetört. A vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy a tartály belső része sértetlen és a napszélrészecskéket gyűjtő lapok épen maradtak. Ezért lehetővé vált a napszélből gyűjtött oxigén ionok izotópok szerinti eloszlásának vizsgálata.

2004. november 15. Az első európai holdszonda, a kísérleti plazmahajtóművel ellátott **SMART-1** Hold körüli pályára állt, és a tervezettnél egy évvel tovább működött. Az űrszondát 2003. szeptember 27-én indították a Francia Guyana-i Kourou űrbázisról Ariane-5 hordozórakétával. A rakéta elnyújtott elliptikus pályára vitte a szondát, majd a plazmahajtóművel folyamatosan a Hold pályájáig növelték az ellipszist. Ezután először elnyújtott Hold körüli pályára került a SMART-1, majd 2005. február 27-re 2200 és 4600 km felszín feletti magasságú, 5 órás keringési idejű poláris pályára állt. A program befejeztével 2006. szeptember 3-án, előre tervezetten a Holdba csapódott. A 367 kg tömegű SMART-1 (**S**mall **M**issions for **A**dvanced **R**esearch in **T**echnology) az ESA új, kisméretű, fejlett technológiákat demonstráló űrszondasorozatának első tagja. A kísérleti holdszonda három tudományos műszert szállított. Egy brit fejlesztésű 5,2 kg-os röntgenspektrométer (D-CIXS) a Hold felszíni anyagának összetételét térképezte fel mintegy 30 km-es felbontással, míg a 2,3 kg-os infravörös spektrométer (SIR) a legfontosabb ásványok (olivin, piroxén) azonosítását végezte. A 2,1 kg-os CCD-kamera (AMIE) a Hold-felszínről készített felvételeket, a SPEDE kísérlettel pedig az elektronokat és a port mérték.

2004. november 20. Startolt az amerikai **Swift** csillagászati hold a gamma hullámtartományban folytatott vizsgálatokra. A holdat Delta-2 hordozórakétával indították Cape Canaveralról 600 km magasságú pályára. Az 1,5 tonna tömegű holdat három berendezéssel, egy gammasugárzást érzékelő műszerrel (BAT, 15-150 keV), egy röntgenteleszkóppal (XRT, 0,2-10 keV), valamint az ultraibolya és látható tartományban működő, 30 cm-es Ritchey-Chrétien-távcsővel látták el (UVOT). A Swift a gamma-felvillanásokat, a fekete lyukakat, a neutroncsillagokat és az égi röntgenforrásokat kutatja.

2005. január 14. Az európai **Huygens** űrszonda sikeresen leszállt a Szaturnusz **Titan** holdjára. Először történt fényképek és más adatok közvetítése a Titan légköréből és a felszínéről. A 350 kg tömegű Huygens fedélzetén kamerák, sugárzásmérők, aeroszolvizsgáló (ACP), gázkromatográf és tömegspektrométer (GCMS), valamint meteorológiai műszerek szolgáltak a hold légkörének és felszíni viszonyainak felderítésére. A leszálló egységet egy 2,7 méter átmérőjű, kúp alakú hővédő pajzsra szerelték. A fedélzeti akkumulátorok 22 napra tudtak energiát biztosítani a leszálló szondának a Cassini űrszondáról (lásd 2005. július 4.) való leválasztása után. A Huygenst 2004. december 25-én választották le a Cassini űrszondáról. Miután belépett a Titan sűrű légkörébe, először hővédő pajzsra, majd ejtőernyő-rendszere fékezte a leszállást. A légkörben két órán keresztül készített képeket és méréseket, melyek a Cassini szondán keresztül érkeztek a Földre. Meglepetésre a felszín elérése után még két órán keresztül működött a Huygens, de adatait a Cassini már nem tudta venni, mert repülés közben a Titan mögé került. A rádiójeleket földi rádiótávcsövekkel sikerült felfogni. A Huygens legfontosabb eredményei: a metán légkör felső részében erős szelek fújtak, a felszínen sok sötét, **folyószerű**, illetve tengerszerű alakzatot fotóztak, de folyékony anyag nyomát nem mérték, a talaj agyag-, illetve krémszerűen puha volt.

2005. július 4. A **Deep Impact** amerikai űrszonda becsapódó egysége eltalálta a **Tempel-1** üstökös magját, a fő szonda pedig elrepült mellette. Az űrszondát 2005. január 12-én egy Delta-2 hordozórakéta indította. Az 1 tonna tömegű Deep Impact egy 0,6 t-s anyaszondából és az üstökösre becsapódó egységből állt. A fő szonda méretei $3,3 \times 1,7 \times 2,3$ m. Az anyaszonda 30 cm átmérőjű távcsövére képkészítő kamerát és infravörös spektrométert szereltek. 12 cm-es teleszkópja kisebb felbontású, de nagyobb területet vizsgált. A becsapódó egység átmérője és magassága 1 m, tömege 364 kg. Az akkumulátorról üzemelő berendezésen automatizált navigációs és hajtórendszer működött. 12 cm-es távcsöve olyan, mint az anyaszondáé. A Deep Impact robotszerű, automatikus vezérléssel repült rá a célra. A találkozó előtt egy nappal leválasztotta a magra repülő egységet, amely utolsó felvételét a becsapódás előtt 3,7 másodperccel, 30 km távolságból készítette. Az anyaszonda kissé megváltoztatta pályáját, 500 km távolságban elrepült az üstökös mag mellett és részletesen megfigyelte a **becsapódást**. Az elemzések alapján az anyag két fázisban repült ki: először egy kisebb, gömbszimmetrikusan táguló törmelékfelhő jelent meg, ezt egy sokkal feltűnőbb, erősebb anyagkilövellés követte. A jelenség egyik magyarázata, hogy a robbanás első fázisában a felszínt borító porréteg anyaga repült ki, majd a mélyebbre hatoló lökéshullám egy keményebb jégreteget ért el. Ez okozta a második kilövellést. A Deep Impact infravörös spektrométere az üstökös légkörében vizsgált, szén-dioxidot, szén-monoxidot, és néhány szénhidrogént fedezett fel. A fotókon a kráterek és egy hosszanti mélyedés mellett két sima területet is megfigyeltek.

2005. július 26. - augusztus 9. A Columbia 2003. február 1-jei tragédiája után kijavított amerikai **Discovery (STS-114)** hat amerikai és egy japán űrhajósa űrrepülést hajtott végre a **Nemzetközi Űrállomáshoz (ISS)**. Az utánpótlási anyagokat és berendezéseket a Raffaello tehermodulban vitték fel. A Columbia tragédiája okainak kiküszöbölésére 2,5 év alatt több fejlesztést hajtottak végre az amerikai űrrepülőgép-rendszerrel kapcsolatban. A nagy hajtóanyagtartály barna szigetelőanyagának erősebb felragasztását alakították ki. A felszállást sok kamera követte és a pályán egy speciális robotkar-hosszabbítóval tették lehetővé, hogy az űrrepülőgép alján lévő hővédő csempéket is ellenőrizhessék. Különböző módszereket dolgoztak ki arra, hogyan lehet megjavítani, megragasztani űrséták során az esetlegesen megsérült hővédő csempéket és elemeket. A Discovery 2005-ös űrrepülésének a javítások és mentési módszerek kidolgozása volt a fő feladata, melyeket az **ISS-hez dokkolva**, három űrsétán oldottak meg. **Robinson** űrhajós még az alsó hővédőcsempék vizsgálatát is sikerrel elvégezte. Minden óvatosság és fejlesztés ellenére azonban a start során ismét leváltak kisebb darabok a barna szigetelőanyagból a felszállási rázkódás miatt. Szerencsére ezek nem okoztak sérüléseket a Discovery-n, amely a program végén sértetlenül ért földet az Edwards légibázison, mert Cape Canaveral űrrepülőterén rosszak voltak az időjárási viszonyok.

2005. szeptember 12. A **Hayabusa**, az első japán plazmahajtóműves és kisbolygókutató űrszonda leszállt az Itokawa kisbolygó felszínére, mintát vett a talajból, amelyet 2010-ben hozhat a Földre. Az űrszonda célja kettős volt, technológiai kísérletet és tudományos kutatóprogramot hajtott végre. Egyrészt kipróbálta plazma- illetve ionhajtóművét, amely összesen 65 kg xenon gáz üzemanyagot használ. (Emellett 50 kg-nyi hagyományos kémiai hajtóanyagot is vitt magával.) Másrészt a műszaki kísérlet része volt 1,5 méteres parabolaantennája és X-hullámsávú rádiója, amelyekkel a Földdel tartotta a hírkapcsolatot. Tudományos programja keretében a földközeli objektumok közé tartozó **Itokawa (1998SF36)** kisbolygót vizsgálta. A 0,51 tonna tömegű, $1,5 \times 1,5 \times 1,05$ m méretű Hayabusa szonda (Muses-C) műszerei: optikai navigációs kamera és távcső (ONC-T), soksávú kisbolygó kamera (AMICA), röntgen fluoreszcens spektrométer (XRS), lidar lézertáv mérő, közeli infravörös spektrométer (NIRS).

A japán űrszonda 2003. május 9-én M-V-5 hordozórakétával startolt a Kagoshima Űrközpontból. A szonda 2005. szeptember 12-én utolérte az Itokawa kisbolygót és 7-20 km magasságban körbepörgette több mint másfél ezer részletes képet készített róla. A Hayabusa másfél millió lézeres magasságmérésével meghatározta az $535 \times 294 \times 209$ méteres kisbolygó nagy, görbült krupplira emlékeztető alakját (sűrűsége 2 g/cm^3). Az űrszonda a kiálló sziklaktól tarkított Itokawa simább részein három leszállást hajtott végre. November 12-én levált róla a Minerva nevű kis leszállóegység, de elrepült a felszín

mellett. November 19-én már a Hayabusa is elérte a kisbolygó talaját és majd fél óráig így repültek együtt, de talajmintát nem sikerült gyűjteni. Azonban 2005. november 25-én az ugyanezen helyen (a Muses sea-n) megismételt leszálláskor kilőtt golyóktól kiverődött talajmintát valószínűleg begyűjtötte. A sikeres felszállás után a kémiai hajtómű hibás működése miatt forgó Hayabusa űrszondával decembertől csak ritkán volt hírkapcsolat. A hajtóanyag kifogyása után, 2006 márciusától a japán irányítóknak sikerült tartós rádióösszeköttetésbe lépni az űrszondával. Ezért remény van arra, hogy az ionhajtóművek segítségével 2010. júniusára visszatérhet a Föld közelébe. Ekkor lesz lehetőség arra, hogy leválasztott tartálya Woomera közelében ejtőernyővel leszálljon.

2006. január 19. Elindult az amerikai **New Horizons** (régi elnevezése Pluto-Kuiper Express), az első űrszonda a **Plútó** és holdrendszere, valamint a Kuiper-objektumok vizsgálatára egy Atlas-5 hordozórakétával Cape Canaveral űrrepülőtérrel. A 2,5 méteres, 465 kg-os, forgásstabilizált szonda energiaellátását plutónium-dioxiddal töltött radioizotópos termoelektromos generátorok (RTG) biztosítják. Az utazás során végzett pályakorrekciókat és a helyzet stabilizálását 16 darab hidrazin hajtómű végzi. A New Horizons űrszonda összesen 31 kg tömegű műszerei: nagyfelbontású CCD kamera egy 21 cm-es Ritchey-Chretien-távcsővön (LORRI), PERCI vizuális és infravörös, valamint ultrabolya spektrométerek (Ralph: MVIC, LEISA; Alice), PAM töltötttrészecske-spektrométer és napszéldetektor (PEPSSI; SWAP), pordetektor (SDC). A New Horizons 2007. február 28-án repült el 2,3 millió km-re a Jupiter óriásbolygó közelében, 2007 áprilisában kamerái már látták a Plútót. A sikeres Jupiter-közelrepülés, azaz a „hintamanőver” következtében a szonda a Plútó és holdjai mellett 2015. július 14-én halad el. A részletes megfigyelést a találkozó előtt négy hónappal kezdi meg. A legnagyobb közelítéskor kb. 9600 km távolságban 13,8 km/s sebességgel repül el a Plútó mellett. Ezt követően közel egy óra múlva a Földről nézve elhalad a Plútó mögött. További másfél órával később a Földről nézve a Charon mögött is elhalad a szonda. A megfigyelési eredményeket a Plútó távolságából kb. 300 bit/másodperc ütemben sugározza le. Ekkor egyetlen kép továbbításához kb. 12 óra kell, és közel 40 nap szükséges a teljes, kb. 10 gigabit mennyiségű adathalmaz közvetítéséhez. Az űreszköz nem csak a Plútót és holdjait látogatja meg, mert a Naptól távolodva útba ejthet addigra felfedezett, további Kuiper-objektumokat is.

2006. április 11. Az első európai űrszonda, a **Venus Express** Vénusz körüli pályára állt és megkezdte méréseit. A 1,3 tonna tömegű, napelemtáblákkal és parabolaantennával ellátott Venus Express űrszondát az európai űrkutatók a Mars Express (ME, lásd 2003. december 25.) mintájára, sok egységét felhasználva készítették. Néhány berendezés a Rosetta-Philae szondapáron repülő eszközök alapján készült (RP, lásd 2004. március 2.). Az űrszonda műszerei: sokcsatornás, a látható és az UV tartományban működő CCD kamera (VMC; RP és ME is), látható és infravörös képalkotó szinképelemző (VIRTIS; RP is), infravörös Fourier-spektrométer (PFS; ME is), mágnesestér-mérő (MAG; RP is), plazmavizsgáló készülék (ASPERA; ME is) és infravörös és UV képalkotó spektrométer (SPICAV; ME is). Az európai Venus Express 2005. november 9-én startolt **Szojuz-Fregat** hordozórakétával Bajkonur űrrepülőtérrel. Az űrszonda 2006. április 11-én elnyúlt (250-66000 km) Vénusz körüli pályára állt és megkezdte kutatómunkáját. *A programban a KFKI RMKI-ből magyar kutatók is részt vesznek.* Az ESA tervei szerint a Venus Express űrszondát 2009-ig fogják használni.

2006. június Az oroszok úgy döntöttek, hogy megépítenek egy új, 6 személyes, többször használható űrhajót, a **Klipert**. Az **Enyergija**, a világ egyik legnagyobb (orosz) űrtechnikai cége egy újszerű, ismét felhasználható űrhajó tervét készítette el. Az új űreszköz tervei az orosz űrügynökség a **Roszaviakoszmosz** felkérésére – teljes titoktartásban – négy év alatt készültek el. A Klipert úgy tervezték, hogy a jövő Hold- és Mars-expedícióinak is a Földre visszatérő személyzetszállítója lehessen. A hatszemélyes, 14,5 tonnás űrhajó a **Nemzetközi Űrállomás** új mentőűrhajója, illetve attól független utazásra induló űrturisták szállítóeszköze lehet. Az oroszok 10 milliárd rubel (mintegy 100 milliárd forint) fejlesztési költséggel számolnak. A tervek szerint – ha lesz pénzügyi fedezet – 2013-2015-re elkészülhet a Kliper űrrepülő példánya. A Kliper hordozórakétája az új **Szojuz-2**, amelyet folyékony hidrogénnel és oxigénnel hajtott harmadik fokozattal látnak el. A

starthelynek Bajkonur, illetve az európai űrrepülőtérén, Kourouban épülő Szojuz-indítóhely jöhet szóba. A Kliper két fő egységből áll. Az első a *visszatérő síklőegység*, amely 9,8 tonna tömegű. A visszatérő egységnél maximálisan 2 g lesz a leszállási túlterhelés és 3000 °C a külső hőterhelés. A végső fékezőeszköz egy ejtőernyőrendszer. A tervek szerint ez a visszatérő egység 25 űrrepülésre lesz használható. Az új űrhajó második része a *műszaki egység*. Ez utóbbi egy dokkoló egységgel ellátott Szojuz orbitális lakófülke módosított változatából, és a körülötte levő hengeres fékezőegységből tevődik össze. A műszaki egység, amelynek tetején kinyitható napelemek biztosítják a szükséges energiát, 10 napos önálló repülésre tudja biztosítani a feltételeket. A műszaki egység tervezett tömege 4,7 tonna. A Kliper lakható térfogata 20 m³, átmérője 3,1 méter, hossza 10 méter. Az űrhajóban két űrpilóta és négy utas foglalhat helyet.

2006. július 4-17. A **Discovery (STS-121)** űrrepülőgép sikeres repülésével a **Nemzetközi Űrállomás** állandó személyzete ismét három főre bővült. A 13. személyzethez (Vinogradov és Williams) csatlakozott T. Reiter ESA-űrhajós, aki öt hónapot dolgozott az űrállomás fedélzetén (lásd 2006. december 10.).

2006. szeptember 9-21. Az **Atlantis (STS-115)** űrűjtán öt amerikai és egy kanadai űrhajóssal folytatódott a **Nemzetközi Űrállomás (ISS)** építése a P3-P4 rácselemek, illetve napelemszárnyak felszerelésével és üzembe helyezésével. A Columbia 2003-as tragédiája utáni két Discovery kísérleti űrrepülés (2005: STS-114, 2005. július 26; 2006: STS-121) befejeztével indulhatott újra az ISS továbbfejlesztése. A **P3-P4** rácselempár 15,8 t tömegű berendezés, amely két részből, egy távolságtartó rácselemből, valamint a két napelemszárny-párt tartalmazó szerelvényből áll. A P4 külső részén egy hőkiszugárzó elemet is elhelyeztek. Az Atlantis 2006. szeptember 11-én dokkolt az ISS Destiny moduljához. A munkát azzal kezdték, hogy az űrrepülőgép és az űrállomás kanadai robotkarjainak segítségével kiemelték a raktérben lévő **P3+P4** rácsszerkezetet és a **P1**-rácshoz csatlakoztatták. Három, mintegy 6,5 órás űrsétán Tanner, Stefanyshyn-Piper, Burbank és MacLean űrhajósok elvégezték az új rácson lévő kábelvégek összekapcsolását, a szállítási rögzítőelemek lebontását, a napelemforgató és a kitekerő egységek kinyitáshoz történő előkészítését. A külső szerelési munkák után kinyitották és üzembehelyezték az újabb, két hatalmas napelemszárnyat.

2006. szeptember 18-28. Az **első női űrturista**, Anousheh **Ansari** iráni származású, amerikai állampolgár a **Nemzetközi Űrállomásra** repült. Ansari a Szojuz-TMA-9 űrhajón indult Bajkonurból az orosz M. Tyurin és az amerikai M. Lopez-Alegria társaságában. Utóbbiak az ISS 14. állandó személyzetének lettek a tagjai. Az űrturista nő a Szojuz-TMA-8 űrkabinjában tért vissza a földre a Nemzetközi Űrállomás 13. legénységével (Vinogradov, Williams). Ansari sikeres visszatérése után úgy nyilatkozott, hogy egy 5 millió dolláros díjat fognak alapítani azok számára, akik kidolgoznak egy Hold-repülésre alkalmas kereskedelmi célú, azaz űrturistáknak szánt holdűrhajót. Az űrturizmus „tömegessé” válásához szerte a világon több magánvállalkozás készül arra, hogy a közeljövőben megkezdje az utasok rendszeres szállítását 100 km-t meghaladó magasságokba. Ezek az ún. **űrugrások** már kezdenek reális lehetőséggé válni. Új-Mexikó államban épül már a világ első, kereskedelmi célú űrrepülőtere, űrturistáknak. Az amerikai Virgin Galactic és a Scaled Composites cég összefogott és megalapította a Spacecraft Company-t, amelynek célja űrugrásra alkalmas járművek és hordozó repülőgépek fejlesztése. Köztük lesz a SpaceShipTwo (**SS2**), amellyel két pilóta és öt utas juthat majd fel 100 km magasságig, illetve a hozzá tartozó White Knight Two hordozó repülőgép.

2006. szeptember 22. Indul a japán **Hinode** (napkelte, Solar-B) napkutató műhold. A 900 kg tömegű, 600 km magasságú poláris nap-szinkron pályán keringő hold fedélzetén az eddigi legnagyobb átmérőjű, 50 centiméteres naptávcsővel figyeli a Nap légkörének különböző rétegeit és méri az ott uralkodó sebességeket és mágneses tereket. A távcső felbontóképessége 0,2 ívmásodperc (a Napon 150 km). Másik két műszere ibolyántúli és röntgenképeket készít. Az első megfigyelések során nagyon jó felvételeket készített a 2006. novemberi Merkúr-átvonulásról és egy decemberi napkitörésről.

2006. szeptember Az amerikaiak döntöttek a **Nemzetközi Űrállomáshoz**, a Holdra és a Marsra indítandó új, hordozórakéták az **Ares-1** és **Ares-5**, valamint egy három-, négy- és hatszemélyes űrhajó, az **Orion** kifejlesztéséről. Az új rakétákat az első, igen sikeres amerikai Hold-expedíció **Apollo** programra emlékezve Ares-1-nek és Ares-5-nek nevezték el a **Saturn-1** és **Saturn-5** hordozórakéták mintájára. Az Apollo program során, 1969-72 között, 12 amerikai űrhajós végzett kutatómunkát a Hold felszínének különböző területein. (Az Ares a görög mitológiában a hadistent és a vörös Mars bolygót is jelentette.) A tervek szerint az Ares-1 hordozórakéta 94 m magas és 900 tonna indulótömegével 25-32 tonnás űrhajókat tud majd Föld körüli pályára vinni. Az Orionnak elkeresztelt űrhajókból három személyűrhajót és két teher változatot kívánnak kifejleszteni. Az Ares-5 lesz a 108 m magas teherszállító óriásrakéta, amely 3350 tonna induló tömeggel 130 tonnát juttat majd Föld körüli pályára és a Holdhoz pedig 65 tonnát fog eljuttatni. A három-, négy és hatszemélyesre tervezett új amerikai személyszállító űrhajót **Orionnak** nevezték el. A formailag az Apollo űrhajóra hasonlító, de annál lényegesen nagyobb űrjármű első változata a tervek szerint a tízes évek első felében a Nemzetközi Űrállomásra szállít majd három űrhajóst, vagy 3-6 tonna utánpótlási anyagot, azaz terhet. A négyszemélyes űrhajóváltozat a tízes évek végén viszi majd az asztronautákat a Holdhoz és hozza onnan őket vissza a Földre. Az első Hold-bázisok építésében is részt vesznek majd az Ares hordozórakéták, az Orion űrhajó és a négyszemélyes holdűrhajó. Utóbbinak még nem adtak külön nevet, talán azért, mert a hetvenes években is a LEM (holdi kiránduló modul) volt a holdűrhajó általános megjelölése. A hatszemélyes Orion űrhajó a Mars-expedíciók űrjárműve lesz és az elképzelések szerint 2030 és 2040 között viheti a földi űrhajósokat a Marshoz.

2006. október 26. A NASA **Stereo** űrszonda-párjának startja. A két, azonos műszerezettségű szonda a Föld pályájához közel, de a Földtől fokozatosan (évente 28 fokot) távolodva kering, a Stereo-A (Advance, Előző) előresietve, a Stereo-B (Behind, Mögött) lemaradva. Ezáltal egyre inkább oldalról látják a napkoronából a Föld felé induló koronakitöréseket (a Napot és Földet összekötő egyenes közelében tartózkodó SOHO ellentéteképpen), így meg tudják határozni azok haladási sebességét, lehetővé téve, hogy a geomágneses viharok eddigi néhány órás előrejelzési lehetőségét néhány napra növeljék. Az egyszerre indított két űrszonda érdekes úton jutott végső pályájára: kezdetben egy erősen elnyúlt, a Hold pályáján kívülre jutó ellipszisen keringtek a Föld körül, de indításkor a két szonda szétvált, és különböző pályára kerültek. Az ötödik földtávol elérése előtt 2006. december 15-én a szondák a Hold mellett haladtak el, amelynek vonzása a Stereo-A-t Nap körüli, a Földnél kissé közelebbi (tehát gyorsabb) pályára állította. A Stereo-B a kissé eltérő pálya miatt csak egy még erősebben elnyúlt pályára került, és visszaútnban 2007. január 21-én ismét elhaladt a Hold mellett, amely a megfelelő Nap körüli, lassúbb pályára juttatta. Az űrszondák fedélzeti műszerei a napszél részecskéinek tulajdonságait vizsgálják, valamint távcsöveikkel a Nap koronájáról készítenek felvételeket látható és ibolyántúli fényben. 2007 áprilisának végén a NASA nyilvánosságra hozta az első sztereofelvételeket, amelyeken szabad szemmel is jól látható volt a napkorona térbeli szerkezete.

2006. november 7. Az amerikai **Mars Reconnaissance Orbiter** (MRO) űrszonda Mars körüli pályán megkezdte 1 méternél jobb felbontású képeinek készítését és a felszín alatti talaj radarvizsgálatát néhány száz méter mélységig. Az MRO 2,2 tonna tömegének csaknem a fele üzemanyag. Két napelemtáblájának együttes, 10 m²-nyi felülete a Mars naptávolságában 1000 wattot szolgáltat. Hat tudományos műszerének feladata elsősorban a bolygó vizsgálata, de később átjátszó állomásként is üzemeltetik más Mars-szondák segítésére. A korábbi szondáknál közel tízszer nagyobb adatátviteli sebessége (6 Mbit/s) miatt hatalmas adatmennyiséget küld a Földre. Az adatátvitel 3 m átmérőjű parabolaantennáján keresztül, 8 GHz frekvencián történik. Az MRO tudományos műszerei: nagy felbontóképességű kamera (HiRISE), a látható és a közeli infravörös tartományban működő, képalkotó spektrométer (CRISM), széleslátószögű kamera (CTX), látható és UV-csatornás színes képrögzítő (MARCI), infravörös éghajlatvizsgáló detektor (MCS), a felszín alatti talajt kutató radar (SHARAD). A Mars Reconnaissance Orbiter 2005. augusztus 12-én startolt Cape Canaveralról Atlas-5 hordozórakétával. A szonda

2006. március 10-én érkezett a Marshoz, majd 27 perces fékezés után elnyúlt (280-44 500 km) bolygó körüli pályára állt. Fél év alatt Mars-közelben a légkör annyira fékezte mozgását, hogy szeptemberben rákerült alacsony (250-316 km) napszinkron pályájára. SHARAD radarantennáit szeptember 16-án nyitották ki. A rendszeres, nagyfelbontású (26-30 cm/pixeles) képkészítés, a színképi és légköri vizsgálatok, valamint a radarmérések november 7-étől indultak meg.

2006. december 10-22. A **Discovery** űrrepülőgép (**STS-116**) fedélzetén repült a **Nemzetközi Űrállomásra** (ISS) az első svéd űrhajós, C. **Fuglesang** és hat amerikai kollégája. Az űrutazáson a Discovery felszállította Sunita Williamst, aki az ISS 14. állandó személyzetében az európai T. Reiter német űrhajóst váltotta fel. Az űrrepülőgép rakterében a **Spacehab** kutatólaboratóriumot, az **P5** rácsoösszekötőt és több kis miniholdat szállítottak. A repülés főbb feladatai az 1,8 tonnás P5 csatlakoztatása a P4-re, az elektromos és hőszabályozó rendszer véglegessé történő átalakítása, és utánpótlási anyagok felvitele volt. (A felszállás során csak néhány apróbb sérülés keletkezett az űrrepülőgépen, amelyek azonban nem veszélyeztették a programot.) Az űrhajósok négy űrsétán végezték el a kijelölt munkákat és hajtogatták össze a **P6** napelemszárnyat, amely 2007-ben a rácsooszlop P-oldalának végére kerül. A leghosszabb feladatnak a hat éve fent lévő P6 összecusukása bizonyult. A lassú összehúzás során egyes elemcsíkok rosszul hajtódtak. Ezért a becukás-kinyitás folyamatát többször meg kellett ismételni, míg felére sikerült összehúzni a P6 napelemtáblát. Végül egy negyedik, rendkívüli űrsétán az űrhajósoknak kellett kézi módszerrel beavatkozniuk, mire sikerült a P6 teljes zárása.

2007. április 7-21. A magyar származású **Simonyi Károly** (1948) rekordhosszúságú, kéthetes űrrepülést hajtott végre a **Nemzetközi Űrállomáson**. Simonyi – az ismert amerikai szoftverfejlesztő – ötödik, fizető űrturistaként a Szojuz-TMA-10 űrhajóval indult Bajkonur űrrepülőtérrel az orosz O. Kotov parancsnokkal és F. Jurcsihiin fedélzeti mérnökkel. Április 9-én este került sor az automatikus dokkolásra az ISS Zarja modulján. Az űrállomáson a 14. állandó személyzet tagjai, S. Williams és M. Lopez-Alegria amerikai, valamint M. Tyurin orosz űrhajósok fogadták az érkezőket. Simonyi Károly *dolgozott a magyar Pille sugárdózismérővel*, orvosi és biológiai programokhoz kapcsolódott, valamint a félvezetők sugárzás miatti romlásának vizsgálatában vett részt. *Simonyi űrrepülésnek két földi érdekessége is volt. Április 12-én hajnalban több mint 21 magyar amatőr rádiósnak sikerült az űrállomáson rádiókapcsolatot létesíteni vele, ami rekordnak számít. Április 13-án hajnalban pedig a budapesti Puskás Tivadar Távközlési Technikumból hat diák tett fel kérdéseket Simonyi Károlynak és ő érdemben válaszolt is a rádióamatőr csatornán. Elmondta, hogy jól viseli a súlytalanságot, nagyon elégedett a Pille berendezéssel és hogy a Föld az űrképekhez képest „jobban is néz ki, óriási, csendes, gyönyörű kék színű, éjjel a villámok nagyon érdekesek”.* Simonyi Károly április 21-én Tyurin és Lopez-Alegria űrhajósokkal szállt le a földre, a Szojuz-TMA-9 űrkabinjában. A leszállási megterhelést legjobban Simonyi viselte el. *Az orvosi rehabilitáció után első útja Budapestre vezetett, ahol április 30-án állami és társadalmi kitüntetésekkel vett át, valamint beszámolt űrutazásának élményeiről.*

2007. június 9-22. Az **Atlantis** űrrepülőgép (**STS-117**) fedélzetén hét űrhajós repült a **Nemzetközi Űrállomásra** (ISS). Felszállították, és a rácsooszlophoz csatlakoztatták az **S3-S4** rácselemet, melynek végén két hatalmas napelemszárnyat nyitottak ki. Három űrsétán ellenőrizték az elemek dokkolását, elvégezték a kábelrendszerek összekapcsolását, és ellenőrizték a **P6** második napelemszárnyának összezáródását. Az utolsó űrsétán még egy, felszállás közben meglazult, azaz kilyukadt puha burkolati részt is kijavítottak, illetve „bevartak”.

2007. augusztus 4. Az amerikai **Phoenix** Mars-leszálló startja Delta hordozórakétával Cape Canaveralról. Az űrszonda a tervek szerint 2008. május végén, rakétás fékezéssel száll le a Mars északi sarkvidékén. Fő feladata egy robotkaros ásó segítségével talajmintákat kiemelni és azt a helyszíni mini laboratóriumaiban megvizsgálni. A marsi vízjégre, szerves anyagra kíváncsiak a szakemberek, és a régi, vagy a mai egyszerű marsi élet nyomait keresik vele.

2007. augusztus 9-21. Az **Endeavour (STS-118)** űrrepülőgép útja az **ISS**-hez hét űrhajóssal a fedélzetén. A két női űrhajós egyike az a Barbara **Morgan** általános iskolai tanítónő, aki 1986-ban a Challenger űrrepülőgéppel felrobbant C. McAuliffe tartaléka volt. Morgant azóta profi űrhajóssá képezte ki a NASA. Az űrrepülőgéppel felszállították és csatlakoztatták az S5-ös kis rácselemet az űrállomáshoz. Őt űrséta során az asztronauták sok külső szerelési munkát végeztek, és lecserélték az egyik már nem működő amerikai pörgettyűt (giroszkópot) is.

2007. szeptember 14. A japán **Kaguya (SELENE)** holdszonda indult a Földről H-2A hordozórakétával. A nagy anyaszonda és két kis segéd Hold-műholdja a Hold felszínét, gravitációs terét fogja olyan részletességgel vizsgálni, mint a hetvenes években az Apollo program asztronautái. A Kaguya október 4-én állt Hold körüli pályára.

2007. szeptember 27. Az amerikai **Dawn** űrszonda startolt Delta-2 hordozórakétával Cape Canaveralról. Fő feladata a **Ceres** és a **Vesta** kisbolygók részletes vizsgálata. A tervek szerint a mintegy 600 kilométer átmérőjű, elnyúltabb alakú Vestát 2011 októbere és 2012 áprilisa között, a gömb alakú, kb. ezer kilométeres Cerest pedig a 2015 februárja és júliusa közötti időszakban kutatja majd közelről.

Az űrkorszak 50 éve számokban

Űrhajósok, repülések, űrséták, országok, felbocsátások, ... Néhány érdekes táblázatban igyekszünk összefoglalni az elmúlt fél évszázad sokrétű űrtevékenységének egy-egy szeletét. Az itt bemutatott statisztikai adatokat Petr Lála gyűjteménye alapján közöljük. További űrkitatási rekordok olvashatók például a http://en.wikipedia.org/wiki/Spaceflight_records internetes oldalon.

A világűrben töltött összesített időtartam

A táblázatban az 1 évnél hosszabb időtartamot a világűrben eltöltött űrhajósokat soroljuk fel, akik (egyelőre) mindannyian férfiak.

<i>Űrhajós neve</i>	<i>Nemzeti- ség</i>	<i>Repülések száma</i>	<i>Összesített hossz (nap)</i>	<i>Első év</i>	<i>Utolsó év</i>
KRIKALJOV, Sz. K.	RU	6	803,40	1988	2005
AVGYEJEV, Sz. V.	RU	3	747,59	1992	1998
POLJAKOV, V. V.	RU	2	678,69	1988	1994
SZOLOVJOV, A. Ja.	RU	5	651,00	1988	1997
KALERI, A. Ju.	RU	4	609,91	1992	2003
AFANASZJEV, V. M.	RU	4	555,77	1990	2001
USZACSOV, Ju. V.	RU	4	552,93	1994	2001
MANAROV, M. K.	RU/SU	2	541,02	1987	1990
VIKTORENKO, A. Sz.	RU	4	489,07	1987	1994
BUDARIN, Ny. M.	RU	3	444,06	1995	2002
ROMANYENKO, Ju. V.	RU/SU	3	430,76	1977	1987
VOLKOV, A. A.	RU	3	391,49	1985	1991
ONUFRIJENKO, Ju. I.	RU	2	389,61	1996	2001
TYITOV, V. G.	RU	4	387,03	1983	1997
PADALKA, G. I.	RU	2	386,58	1998	2004
CIBLIJEV, V. V.	RU	2	381,66	1993	1997
KORZUN, V. G.	RU	2	381,65	1996	2002
VINOGRADOV, P. V.	RU	2	380,68	1997	2006
KIZIM, L. Gy.	RU/SU	3	374,75	1980	1986
FOALE, M. C.	US/UK	6	373,76	1992	2003
SZEREBROV, A. A.	RU	4	372,95	1982	1993
RJUMIN, V. V.	RU	4	371,73	1977	1998

A nemzetiség oszlopban RU Oroszországot, SU a Szovjetuniót, US az Amerikai Egyesült Államokat, UK Nagy-Britanniát jelöli.

Egyéb emberes űrrepülési rekordok

A női űrhajósok közt az összesített időtartamrekordot **S. M. Lucid** (USA) tartja, aki 1985 és 1996 között 5 alkalommal összesen 223,12 napot töltött Föld körüli pályán.

A leghosszabb folyamatos űrrepülés **V. V. Poljakov** (Oroszország) nevéhez fűződik (437,75 nap, *Szozuz-TM-18 – Mir űrállomás – Szozuz-TM-20, 1994-1995*)

A női űrhajósok közül a leghosszabb repülésen **S. Williams** (USA) vett részt (195 nap, *STS-116 – ISS – STS-117, 2006-2007*)

Az űrséták összesített időtartamrekordját **A. Ja. Szolovjov** (Oroszország, 16 űrséta, 77 óra 41 perc), a női csúcst **S. Williams** (USA, 4 űrséta, 29 óra 17 perc) tartja.

Legidősebb korában **J. H. Glenn** (USA, 77 év, *STS-95, 1998*), legfiatalabban **G. Sz. Tyitov** (Szovjetunió, 25 év, *Vosztok-2, 1961*) járt a világűrben.

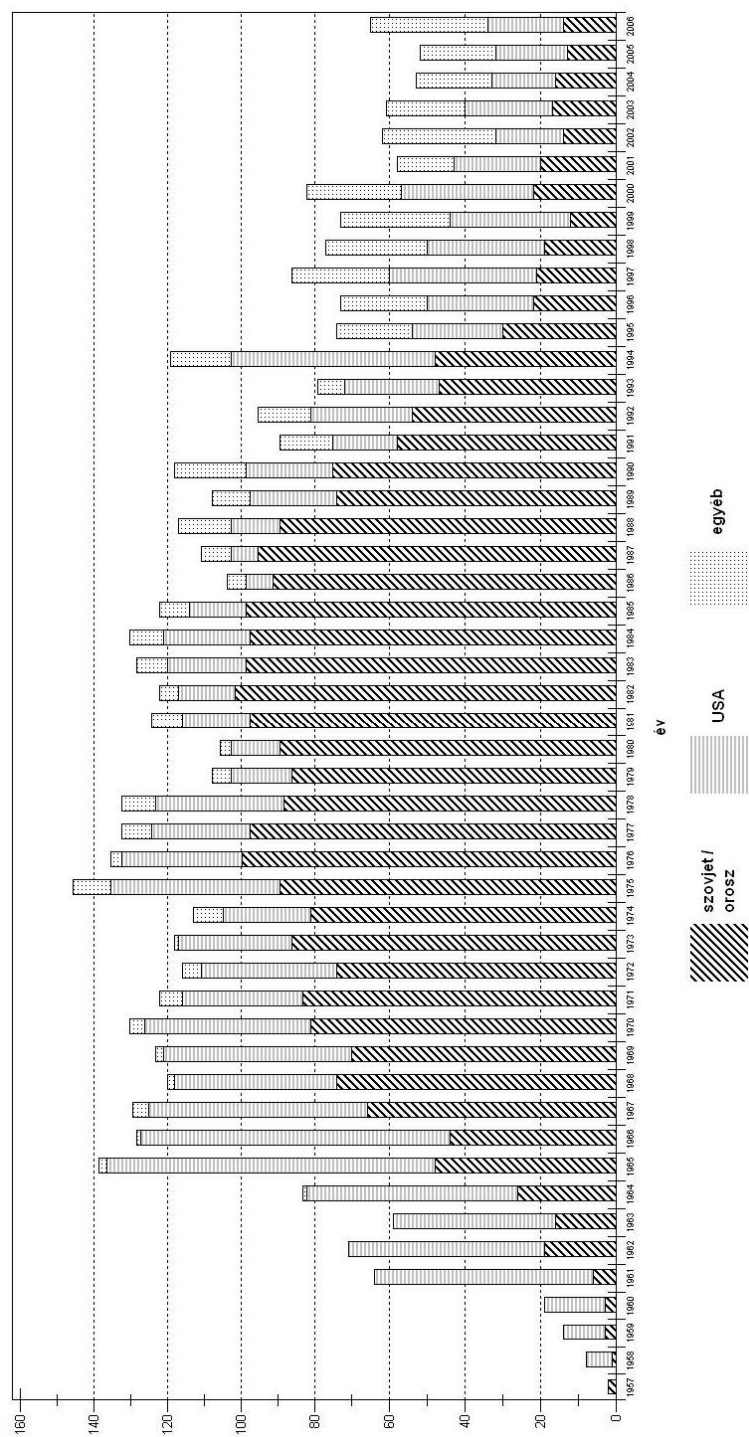
A legtöbb alkalommal (hétszer) eddig két amerikai űrhajós repült: **F. Chang-Diaz** és **J. L. Ross**.

A Hold felszínén a legtöbb időt **E. A. Cernan** és **H. H. Schmitt** (USA) töltötték (75 óra, *Apollo-17, 1972*).

A Földtől legmesszebbre az Apollo-13 utasai – **J. A. Lovell, F. W. Haise** és **J. L. Swigert** (USA) – kerültek 1970-ben, amikor megkerülték a Holdat (400 170 km).

Embereket a világűrbe küldő országok listája, a Föld körüli pályán eltöltött összes idő csökkenő sorrendjében (a kettős állampolgárokat mindkét államnál figyelembe véve):
Oroszország (ill. Szovjetunió), Amerikai Egyesült Államok, Németország, Franciaország, Nagy-Britannia, Kanada, Japán, Olaszország, Costa Rica, Svájc, Belgium, Spanyolország, Hollandia, Izrael, Ukrajna, Bulgária, Malajzia, Kína, Dél-Afrika, Brazília, Szíria, Afganisztán, Csehszlovákia, Ausztria, Kazahsztán, Lengyelország, Szlovákia, India, Magyarország, Kuba, Mongólia, Vietnam, Románia, Szaúd-Arábia és Mexikó

Űreszközök évenkénti indítási statisztikája (1957-2006)



Aktív űreszközök üzemeltetői (1957-2006)

<i>Üzemeltető ország / szervezet</i>	<i>Objektumok száma</i>	<i>Üzemeltető ország / szervezet</i>	<i>Objektumok száma</i>
Algéria	1	Kanada	25
Amsat Argentína	1	Kazahsztán	1
Amsat Brazília	1	Kína	100
Amsat Németország	1	Kína és Brazília	3
Arabsat	8	Koreai Köztársaság	10
Argentína	8	Luxemburg	15
Ausztrália	13	Malajzia	4
Belgium	1	Marokkó	1
Brazília	10	Mexikó	7
Chile	1	Nagy-Britannia	35
Csehország	6	NATO	7
Dánia	3	Németország	39
Dél-Afrika	1	Németo. és Franciao.	2
Egyesült Arab Emírségek	2	Nigéria	1
Egyiptom	2	Norvégia	2
ESA	54	Olaszország	19
Eumetsat	7	Oroszország / Szovj.	3237
Eutelsat	26	Pakisztán	2
Franciaország	54	Portugália	1
Fülöp-szigetek	1	Spanyolország	10
Görögország és Ciprus	1	Svédország	10
Hollandia	4	Szaúd-Arábia	6
India	38	Szingapúr, stb.	1
Indonézia	13	Tajvan	8
Inmarsat	16	Thaiföld	6
Intelsat	67	Törökország	4
Interszputnyik	1	Ukrajna	4
Irán	1	USA	1887
Izrael	9	USA és Franciaország	2
Japán	129	Összes (1957-2006)	5929

Szemelvények az űrkutatás 2006-os eseményeiből

Összeállította: Dr. Kelemen János

Összeállításunkban elsősorban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti hírek, beszámolók, összefoglalók szerzői: Csengeri Tímea, Dancsó Béla, Frey Sándor, Galambos István, Horvai Ferenc, Szentpéteri László voltak. A felhasznált képek túlnyomó része NASA, ESA és JAXA fotó.

2006. január

Becsapódás egy üstökösbe – visszatekintés. A 2005. esztendő egyik űrkutatási csúcspontja a Deep Impact űrszonda találkozása volt a Tempel–1 üstökössel. Az eredmények sora impozáns. A NASA tavaly július 4-én újra világraszóló sikert aratott. Egy sokat vitatott kísérletben egy becsapódó egységet juttatott egy üstökösmagba, látványos porkitörést kiváltva, amelynek nyomán rengeteg adatra tettek szert a kutatók e különleges égitesttípusról. Az alábbiakban a mostanáig nyilvánosságra került eredményeket összegezzük.



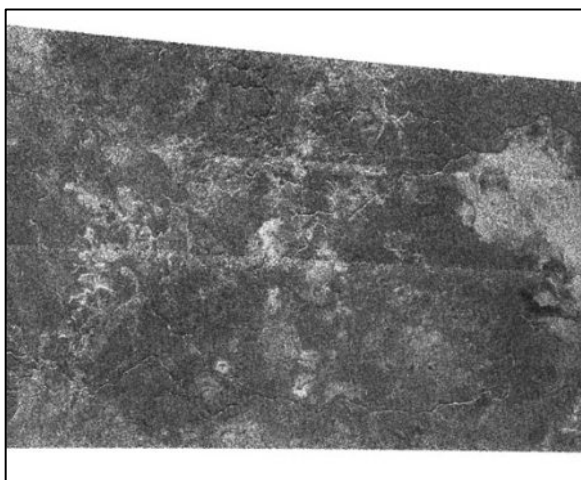
- Május 15-én hat kitörést észlelt a még közelítési fázisban levő szonda. Kivétel nélkül mind a helyi napkelte vonala közelében, ami az illékony anyagok felszín közeli elhelyezkedésére utal.
- A megközelítés alatt készült fényképek alapján a kutatók elkészítették a mag modelljét, amely $7,6 \times 4,9$ km-es méretűre adódott. Ez az adat jelentősen eltér a korábbi 14 km-es becsléstől, nagyobb albedót (fényvisszaverő képességet) mutatva, mint a korábban közről vizsgált üstökösöknél.
- A Tempel–1-en figyelték meg az első becsapódásos krátert, amely üstökösmag felszínén van (a korábbiakon a felszínformáló erők elsimították a „természetes” ütközések nyomait).
- Maga a becsapódás tökéletesen sikerült, kb. 10 ezer tonna port szakítva ki a felszínből, napokra fényessé téve az üstököst.
- A kilöködött anyag viselkedése azt jelezte, hogy az üstökösmag alkotóelemeit sokkal inkább a gravitáció tartja együtt, mintsem az anyagok közötti kémiai kötések.
- A mag tömegére nagyjából 72 billió kilogramm adódott. Ez a tömegadat, összevetve a térfogattal, $0,6 \text{ g/cm}^3$ sűrűséget adott. A Tempel–1 egy olyan porózus test, amelyet alig tart össze a gravitáció.
- Sajnos a Deep Impact nem tudott képet készíteni a kráterről, de modellszámítások szerint – a kilöködött por és a mag becsült állaga alapján – egy tekintélyes, 100 méter átmérőjű és 30 méter mély kozmikus sebhely keletkezett.
- A becsapódás folyamatát végig sikerült észlelnie a spektrométernek, amely így több egymás utáni anyaghullámot rögzített. Elsőként a „karambol” hatására létrejött forró plazma és gáz kiáramlását észlelte, majd ezután vízjeget, végül közvetlenül a vízjeget követően szerves vegyületeket.
- A szonda víz, szén-dioxid, hidrogén-cianid, metil-cianid és más szerves molekulák jelenlétét mutatta ki, míg a becsapódást figyelő Spitzer-űrtávcső pl. olivint, kalcitot és

alumínium-oxidot „látott”, sőt policiklikus aromás szénhidrogéneket is – amit üstökösben még sosem figyeltek meg.

- A megfigyelések szerint a becsapódás környezetében levő por alig sűrűsödött és melegeedett fel, ennél fogva megőrizte eredeti tulajdonságait, a Naprendszer keletkezésének idejét konzerválta a kutatók számára (és fedte fel a kísérlet során).

A Spitzer készítette spektrum még további váratlan anyagok (karbonátok és agyag) jelenlét is kimutatta. „Normál” módon ezek folyékony víz jelenlétében keletkeznek, azaz nem biztos, hogy az üstökösanyag olyan régi, mint azt gondolták a kutatók. Ez az a megfigyelés, amely – ahogy mondani szokás – legalább annyi megválaszolandó kérdést vetett fel, mint amennyire a szonda odaküldésével választ kaptunk. Keletkezhetnek-e karbonátok folyékony víz nélkül? Esetleg az üstökös valamikor megolvadt és akkor keletkeztek a „váratlan” anyagok? Esetleg a keringés során „söprögette össze” innen-onnan őket a Tempel-1? Mindezek a kérdések talán részben válaszra találhatnak, hiszen a Deep Impact továbbhalad az űrben, s mivel a berendezései hibátlanok, még egy üstökös-találkozóra is van esély. 2008-ban a szonda a Boethin-üstökös mellett halad el. Ezt az alkalmat a kutatók nyilván megfigyelésekre használják fel.

A Titan még mindig titokzatos. 2005 a Titan éve (is) volt. A NASA megannyi űrszondás sikere szinte egymásra lícitált tavaly. Köztük voltak zajosak és kevésbé világra szólóak. A Titan fokozatos felfedezése ilyen halk siker volt. A Cassini első teljes évében folytatódott az adatok folyamatos áramlása a Szaturnuszról. A legnagyobb érdeklődésre talán a küldetés előtt a Naprendszer legtitokzatosabb égitestének tartott Titannal kapcsolatos felfedezések tartottak számot. Néhány optikai megfigyeléssel – köztük a legígéretesebbel, az európai Huygens légköri ereszkedése közben készített fényképekkel – megannyi globális és lokális felszíni formát sikerült feltárni. Majd az optikai megfigyelések mellé társultak a Cassini szonda radaros megfigyelései. Összesen 3 alkalommal használta a Cassini a radaros magasságmérőjét, amellyel a felszín domborzatának rajzát próbálták pontosítani. Ezek a radar-képek is a Huygens leszállásakor mutatkozó folyóvölgyeket és tó-, esetleg tengermedreket mutattak. Ezek a nyomok megerősítették, hogy a Titan nagyon hasonló rendszer, mint a Föld, azaz mindkét égitesten „folyadék-körforgás” üzemel(t). A különbség mindössze a folyadék mibenlétében van: „íthton” víz, „odaát” metán hull és csörgedezik.



feltételezett szcenárió szerint a folyamatosan akumulálódó metán hatalmas, „az évszázad vihara”-szerű metánesőzések képében ürül ki a légkörből és hull le a felszínre.

Csakhogy a legnagyobb probléma, hogy a Cassini egy csepp metánt sem talált, azaz a feltételezések ellenére „mostanában” nem esett metáneső a Titanon, és a folyóvölgyeknek sem volt mit szállítaniuk. Számítások szerint ugyanis a nap-sugárzás nem ad elegendő energiát a metán párologtatásához, évente mindössze egy 1 cm-es globális réteg metánpárává, majd esővé párologtatására van elegendő „nap-energia”. Viszont a jelen körülmények között az atmoszféra akár egy 10 méteres globális metánréteghez elegendő párát is fenn tud tartani. A

A spektrométerrel a metánon kívül másra is vadásznak a kutatók: nemesgázokra. Pontosabban a mérések során a nemesgázok hiánya tűnt fel. A kripton, xenon, argon mennyisége összefügg a nitrogén keletkezésével. A titáni légkör – a Földhöz hasonlóan – főként nitrogénből áll. De az, eltérően bolygónktól – a Cassini gázkromatográfja és tömegspektrométere szerint – ammóniából származik. A nemesgázok hiánya a Titan korai történetének egy melegebb szakaszáról tanúskodik, amikor azok lényegében „elforrtak”. A helyüket a magasabb hőfokon kondenzálódó ammónia vette át és épült be különböző molekulákba, kőzetekbe. Ezután következett az a vulkanikus időszak, melyben a vulkánok ammóniát pöfkeltek a születő légkörbe, melyet aztán a nap ultraibolya sugárzása lebont, tiszta nitrogén légkört hagyva hátra. Mindez egyben arra az érdekes feltételezésre is alapot ad, hogy a Szaturnusz valahol a Naphoz közelebbi pályán keletkezett – a nemesgázokat elpárologtató magasabb hőmérséklet utal erre –, majd később vándorolt a jelenlegi (hidegebb) pályájára.

Az ammóniapöfkelő vulkánok úgy tűnik megvannak, hiszen a radarképeken jó csomó vulkáni hegyre hasonlító képződmény látható. Mint a bolygó kutatás történetében már oly sokszor, most is hiányzik egy láncszem a továbblépéshez. Az ammónia ugyanis a nitrogén-utánpótlás mellett fagyálló anyagként is működik, keveredve vízzel, annak fagyáspontját lejjebb viszi. Ezek nyomán ammóniával kevert vízből lávafolyások indulnak lefelé a vulkánok oldalán. Csakhogy a Cassini egyelőre nem talált ammóniát sem a felszínen. Mondhatnánk erre persze, hogy akkor a kutatók eljátszottak egy érdekesnek tűnő gondolattal, de tévedtek. A tévedést azonban a kevés negatív megfigyelés ugyanúgy gyengíti, mint ahogy egy felfedezést sem erősítene meg teljesen. Végző soron pedig mi is megismerhetjük a bolygó kutatás boszorkánykonyháját, azaz azt a folyamatot, ahogy kirajzolódnak a Naprendszer egyes részletei. A tudósok pedig ezután az ammónia keresésével mulathatják az idejüket, hogy a Titan (és talán néhány ponton a Föld) keletkezésének titkait felfedjék.

2006. február

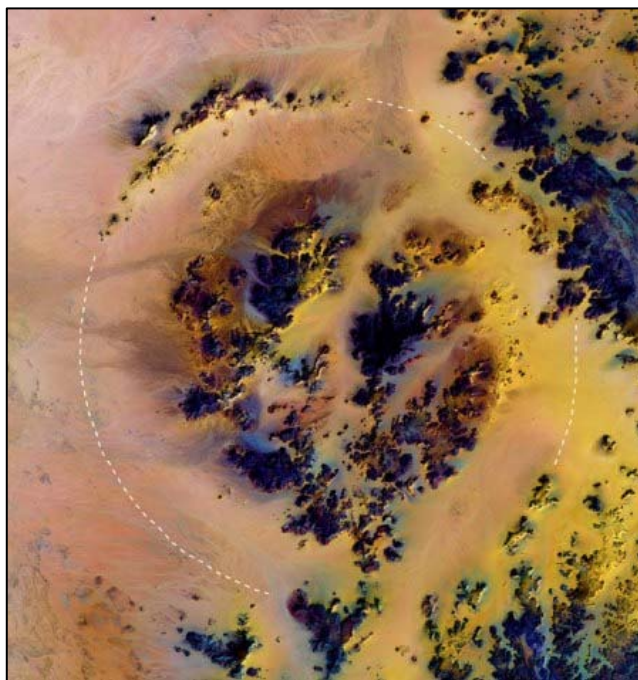
Japán műhold a repülés biztonságáért. Sikeresen állt pályára az a műhold, amelynek segítségével sűrűsíthetők lesznek a repülőjáratok az ázsiai és óceániai térségben, miközben csökkenthető a gépek közötti távolság. Az MTSAT-2 műhold a H-II rakéta kilencedik példányára építve indult a világűrbe február 18-án a Tanegashima Űrközpontból. A mesterséges hold tulajdonosa a (japán) Polgári Repülési Iroda és a Japán Meteorológiai Ügynökség. Geostacionárius pozíciója az Egyenlítő és a 145° keleti hosszúság metszéspontja felett lesz. Az MTSAT-2 (Multi-functional Transport Satellite 2) feladata – a korábban pályára állított MTSAT-1R-rel együtt) a japán szigetek és területi vizek feletti légiközlekedés biztonságosabbá tétele. Ehhez a multifunkcionális műhold (mint neve is mutatja) többféle berendezést hordoz. Egyrészt egy távközlési rakomány-csomagot találunk rajta, melyben 4 Ku- és 3 Ka-sávú transzponder van, másrészt egy meteorológiai műszeregyüttest is magával visz. A cél, hogy Japán eleget tehessen az ICAO (Nemzetközi Polgári Légiközlekedési Szervezet) új – műholdas kommunikációt alkalmazó – CNS/ATM légiforgalmi menedzsment koncepciójának, ezzel jelentősen növelve a légiközlekedés biztonságát Ázsia és a Csendes-óceán térségében.

Tizennégy új űrhajóst avattak. Tizennyolc hónapi kemény képzés után február elején megkapta űrhajósjelvényét a NASA frissen végzett 11 űrhajója. A legújabb űrhajóosztály tagjait 2004 májusában választotta ki az amerikai űrhivatal, a jelöltek között három tanár is volt. A növendékek a Johnson Űrközpontban kapták meg az alapképzést, melynek keretében szárazföldi és vízi túlélési gyakorlaton vettek részt, megismerkedtek a Nemzetközi Űrállomás és a Space Shuttle legfontosabb rendszereivel, és több órát repültek a T-38-as, kétüléses, sugárhajtóműves repülőgéppel. Az amerikai űrhajósjelöltekkel együtt készült a legújabb három japán jelölt is. A JAXA japán űrügynökség megbízásából Naoko Jamazaki, Akihiko Hoshide és Satoshi Furukava Mission Specialist (MS) képzést kapott. Miután a jelöltekből űrhajós lett, képzésük nem fejeződik be. Különböző munkacsoportokhoz csatlakozva, immár űrhajósként, szakfeladatokra specializálva folytatódik a képzésük. A frissen végzett űrhajósokat többek között ISS-, vagy Shuttle-támogatói, robotikai, vagy űrorvostani csoportokba sorolták, egyesek pedig CAPCOM (Capsule Communicator – a repülő személyzettel beszélgető) kiképzést kapnak. A 11 amerikai űrhajós közül ketten űrhajóspilóták (Pilot Astronaut), hárman Mission Specialist Educator-ök (MS-E), míg hatan Mission Specialist-ek (MS) lettek. Az űrhajósjelvény átvétele után Akihiko Hoshide japán űrhajós a CAPCOM és az ISS munkacsoportokhoz, míg két társa a robotikai csoporthoz csatlakozott.

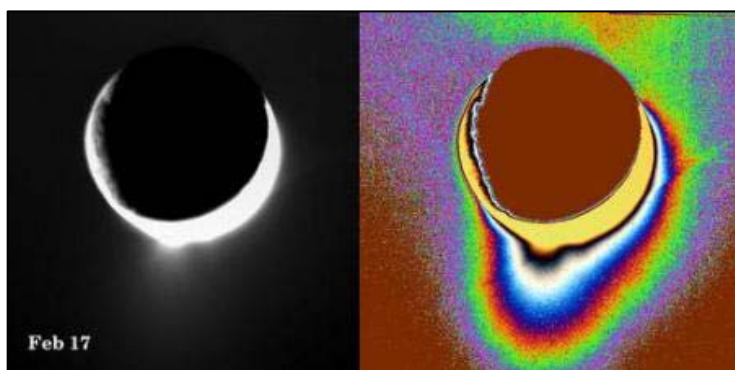
2006. március

Újonnan felfedezett becsapódási kráter a Szaharában.

Műholdfelvételek alapján két kutató egy hatalmas, 31 km átmérőjű kráterre utaló nyomokat talált Egyiptomnak a líbiai határhoz közeli vidékén. A most megtalált kráter kétszer akkora, mint az eddig ismert legnagyobb ilyen szaharai képződmény. (Összehasonlításképpen: a mexikói Yucatán-félsziget híres Chicxulub-krátere, amelyet sokan a dinoszauruszok kipusztulásához vezető becsapódás maradványával azonosítanak, 160-240 km közötti méretű lehet.) Az amerikai kutatók a Kebira nevet adták a kráternek, ami arabul „nagyot” jelent. A becsapódott kozmikus test mérete meghaladhatta az 1 km-t. Hogy mennyi idővel korábban történhetett az esemény, arra egyelőre nincs megbízható becslés. A szél és víz okozta erózió romboló hatása miatt a felszínről egy ilyen krátermaradvány gyakorlatilag észrevehetetlen. A műholdfelvételek segítségével kiterjedt felszíndarabok is áttekinthetők. A Kebira-kráter eddig valószínűleg azért maradhatott észrevétlen, mert viszonylag nagy.



Gyorsuló jégolvadás Grönlandon. Műholdradar-interferometriás mérések alapján kimutatták, hogy az utóbbi években a grönlandi gleccserek gyorsabban haladnak a tenger felé. Grönland, Földünk legnagyobb szigete közel 20 magyarországnyi összefüggő jégtakaróval rendelkezik, amely 2,85 millió köbkilométernyi jeget zár magába. Nemrég megállapították, hogy miközben a jégmező a peremvidékein fogyatkozik, addig a sziget középső részén és az 1500 méter feletti régiókban vastagodik a sziget jégtakarója. Most újabb eredményt közöltek amerikai kutatók a Science-ben. Méréseik szerint a grönlandi gleccserek egyre nagyobb sebességgel haladnak a tenger felé. Akad olyan, amely évente 14 kilométert is megtesz. A kutatók 30 grönlandi gleccser mozgását vizsgálták. A legjelentősebb sebességnövekedést a sziget déli részének jégárainál tapasztalták. Az olvadás következtében a gleccserek talapzata síkosabbá válik, és a jégárak mozgása felgyorsul. Ennek következtében egyre több jéghegy szakad le róluk a partokon, melyek elolvadva hozzájárulnak a világtenger szintemelkedéséhez. A kutatók szerint Grönland déli részén a felszíni hőmérséklet-emelkedése, míg az északon az ideáramló melegebb légtömegek okozzák a gleccserek sebességnövekedését. Az elmúlt 20 évben a levegő hőmérséklete a sziget délkeleti részén 3 fokkal emelkedett, és 2350-re akár nyolc fokkal is magasabb lehet az átlaghőmérséklet. A következtetéseket az ESA földmegfigyelő mesterséges holdjai (ERS-1, ERS-2 és ENVISAT), valamint a kanadai Radarsat-1 hold adataiból vonták le. A hosszú időn át rendszeresen készített radarképek összehasonlításával pontosan megállapíthatók a földfelszín kismértékű változásai is.



Folyékony víz az Enceladuson?

Amerikai kutatók a Cassini-szonda méréseiből arra következtettek, hogy a Szaturnusz holdjának felszíne alatt folyékony formában fordulhat elő a víz. Amint tavaly decemberben kiderült, az Enceladus

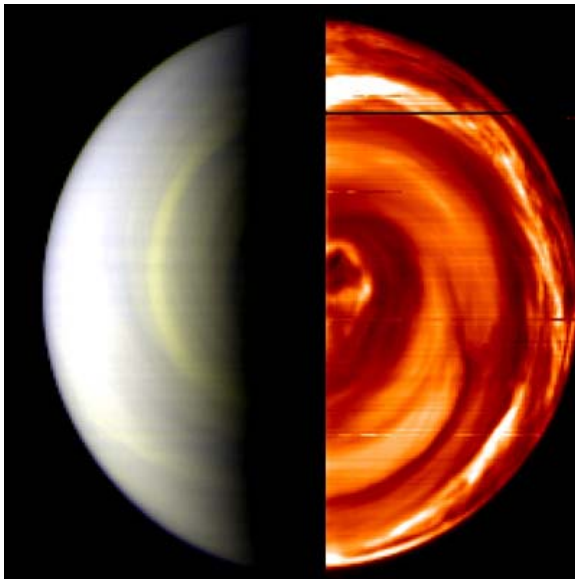
felszínéről anyag „spriccel” a világűrbe. A gejzírszerű folyamat következtében egészen 435 km-es – majdnem a hold átmérőjének (505 km) megfelelő – magasságig követhető a vízmolekulák nyoma. Most részletes modellt dolgoztak ki a megfigyelési eredmények magyarázatára. A korábbi sejtéseket igazoló elmélet szerint nem sokkal a felszín jege alatt folyékony vízréteg található. Ebből származik a repedéseken eltávozó, legnagyobb részben a hold felszínére visszahulló, de kb. 1%-ban az égitestet végleg elhagyó víz.

2006. április

Tönkrement orosz távközlési hold. A geostacionárius pályán tartózkodó Ekszpressz-AM11 mesterséges holdat március 29-én valószínűleg valamilyen „hirtelen külső hatás” érte. A Space.com beszámolója szerint az egyelőre ismeretlen okból működésképtelenné vált Ekszpressz-AM11-et most – amíg még meg tudják tenni – igyekeznek olyan pályára állítani, ahol űrszemétként nem akadályozza az eddig elfoglalt geostacionárius pozíciója újbóli felhasználását. Az orosz távközlési mesterséges holdat 2004 áprilisában indították, az Egyenlítő felett a keleti 96,5°-os hosszúságnál tartózkodott. A 26 C-sávú és 4 Ku-sávú adóval üzemelő hold eredetileg tervezett élettartama 12 év volt. A forgalmat most más, a 80, 105 és 120° hosszúságnál működő orosz holdakra irányították át. Az üzemeltető orosz űrtávközlési

állami vállalat (RSCC) hivatalos jelentése szerint a hirtelen történt, eddig ismeretlen eredetű külső becsapódás (talán egy mikrometeorittal való ütközés) nyomán a hőmérséklet-szabályozó rendszer sérült meg, s elszőkött a folyadék. Ennek hatására a hold helyzete megváltozott, pörgésbe kezdett. Bár eddig nem volt semmi jele, természetesen nem zárható ki az sem, hogy a rendszerben valamilyen belső műszaki hiba történt.

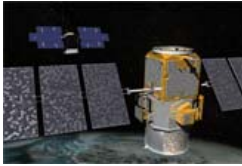
Megérkezett a Venus Express. Sikeres fêkező manőverrel április 11-én a Vénusz körüli pályára állt az ESA tavaly novemberben indított űrszondája. Négyszáz millió km-es, 153 napos bolygóközi utazás ért ezzel véget, de a tudományos program még csak ezután kezdődik. A fêkezéshez a hajtóművet 9:17-kor indították be, 50 percre. Ezalatt a szondának a bolygóhoz viszonyított sebessége 29 ezerről 25 ezer km/h-ra csökkent, s ez elég volt ahhoz, hogy a Vénusz körül maradjon. A következô egy hónap során további manőverek sorozatával alakítják ki a végsô, a pólusok fölött húzódó pályát. A jelenlegi 9 napos keringési idô egy napra csökken. A Venus Express innen vizsgálja majd a sűrű légkör szerkezetét, mozgásait, kémiai összetételét. A program legalább kb. 500 (földi) napig tart majd.



A Venus Express első felvételei.

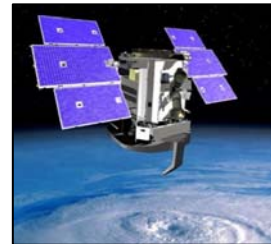
Április 11-én sikeresen pályára állt Európa első saját űreszköze a Vénusz körül. Április 12-én már elkészültek első történelmi felvételei, amelyek a bolygó déli pólusát mutatják. A pólus fölött áthaladva 200 000 kilométeres távolságból több műszerrel is sikerült felvételeket készíteni. A Vénusz-figyelő kamera (*Venus Monitoring Camera, VMC*), valamint a látható és infravörös tartományban érzékeny spektrométer (*Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer, VIRTIS*) már az első nap során olyan felvételeket készítettek, amelyek felkeltették a kutatók érdeklődését. A pokoli bolygó déli pólusának mintázata minden korábbi felülmúló részletességgel és

felbontással tárul fel. A felsô légrétegekben lejátszódó drámai légáramlatokról örvénylô felhők és jellegzetes spirál-struktúra tanúskodnak. A Venus Express közelebről is lencsevégre kaphatja majd ezt a területet és akár 100-szor jobb felbontást elérve térképezheti fel a pólus légáramlatai által kirajzolt mintázatot, sőt azok dinamikus változását is. A VIRTIS műszerrel készült hamisszínes kép jobb oldalán a bolygó éjszakai, míg bal oldalán a nappali oldala látható. A Nap által megvilágított féltekéről bizonyos hullámhosszú szűrőkkel készültek a felvételek, s a felszíntől számítva mintegy 65 kilométeres magasságig nyújtanak bepillantást. A Venus Express a tervek szerint május 7-ére éri el végsô, poláris pályáját, amely a felszíntől 250 és 66 000 kilométer közötti magasságban húzódik majd.



Felhőfigyelő műholdpáros. Több hónapos késedelem után április 28-án Kaliforniából elindult két mesterséges hold, a Calipso és CloudSat, amelyek az időjárás és a klíma kutatásában kapnak majd szerepet. A két mesterséges holdnak eredetileg tavaly nyáron kellett volna indulnia Delta-2 rakétával, majd novemberben a Boeing cég alkalmazottainak egészen februárig tartó munkabeszüntetése miatt

maradt el a start. Az utóbbi napokban is többször elhalasztották az indítást, változatos (időjárási, műszaki, szervezési) okokból. Végül a hetedik kijelölt időpont bizonyult sikeresnek. A két új űreszköz egy már pályán levő műholdhármashoz (Aura, Parasol, Aqua) csatlakozik majd. Az A-Train nevű konfiguráció holdjai kis időeltolódással követik egymást 705 km magas poláris napszinkron pályájukon. (A Calipso például 15 másodperccel a CloudSat után halad el egy adott földfelszíni pont fölött.) A Calipso neve egy rövidítés (*Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations*). A műholdon három, a Föld irányába néző műszer kapott helyet. Egyikük egy nagylátószögű kamera (természetsen csak nappali használatra), másikuk egy francia készítésű infravörös képalkotó berendezés. A harmadik műszer egy lidar, vagyis a fedélzeti lézersugár-forrás által kibocsátott fényhullámok visszaverődését detektáló berendezés. Két hullámhosszon (1064 nm és 532 nm) működik, az utóbbin a visszaérkező fény polarizációját is képes mérni. A CloudSat rádióhullámokat használ majd a távolságmérésre: érzékeny radarberendezése a 94 GHz-es frekvencián működik. Képes lesz felmérni a légköri víz eloszlását, hasznos adatokkal ellátva a földi üvegházhatást, a víz körforgását tanulmányozó kutatókat. Az új holdak a tervek szerint térbeli információt nyújtanak majd a felhőzetről és a levegőben levő aeroszolok eloszlásáról.



2006. május

Tengerek helyett homok a Titanon? A Cassini mérései szerint metántavak és -tengerek helyett homok boríthatja a Szaturnusz holdjának felszínét. A tavaly októberben készült radaros mérések szerint a Titan „tengereiben” kb. 100 méter magas dűnét találtak. Az egyenlítői vidéken lévő dűnék több száz kilométer hosszan, szabályos vonulatokban futnak, mutatva a tartósan fújó szelek hatását. A képek további érdekessége, hogy a dűnék meglepően hasonlítanak a földi sivatagokra. Egyelőre kérdés, hogy mi hozta létre a dűnék anyagát. Hosszú éveken keresztül általános vélemény volt a szakemberek között, hogy a Szaturnusz óriásholdja, a Titan felszínén folyékony metánból álló tavak és tengerek létezhetnek. Erre utalt a légköri metán jelenléte, amely ezekből kaphat utánpótlást. Másrészt néhány, még a Földről végzett radarvizsgálat alapján néhol igen sima felületek mutatkoztak. A Szaturnusz körül 2004-ben pályára állt Cassini-űrszonda radarmegfigyelései során nem akadtak a sima felszíni metántengerekre, és a spektroszkópiás megfigyelések sem kedveztek ennek az elgondolásnak. Ugyanakkor a Huygens nevű leszállóegység ereszkedése közben olyan területeket örökölt meg, amelyek folyékony és sima felszínekre, peremükön tengerpartokra, a kiemelkedéseken pedig folyóvölgyekre emlékeztettek.

Ember tervez... A NASA nyilvánosságra hozta a DART mesterséges hold – egy egy évvel ezelőtti, kudarccal végződött kísérlet – vizsgálati jegyzőkönyvét, amely sok apró hiba összegződéséként értékelte a műhold elvesztéséhez vezető okokat. A DART 2005. április 15-én startolt egy, a kaliforniai Vandenberg támaszpontból felszállt repülőgépről indított Pegasus hordozórakétán. A feladata mindössze egyetlen napra korlátozódott: autonóm módon, emberi beavatkozás nélkül meg kellett találnia egy már fenn keringő Pentagon holdat

és űrrandevút kellett vele létrehoznia. A kísérlet jól is indult, az űreszköz 100 méteren belül megközelítette a céltárgyat, ám ott hirtelen lekapcsolt és anélkül, hogy be tudott volna avatkozni az irányítás, lassan nekisodródott MULBCOM nevű műholdnak. A kudarc kivizsgálása majd egy évig tartott és számos hibát tárt fel. Az okozat, amely végül a kudarc látható részeként csúcsosodott ki az volt, hogy a manőverezés üzemanyag-felhasználása nagyobb volt az előre tervezettnél, s már a megközelítési szakaszban elfogyott a hajtóanyag. Ennek következményeként a tehetetlen tömeg végül nekiütközött a céltárgynak, majd letért a pályájáról és végül a légkörbe lépve elégett. A vizsgálat szerint a többlet üzemanyag-fogyasztást a GPS navigációs rendszer gyári hibája okozta. Az önálló navigáció GPS alapon történt (volna), ám a berendezés hibája miatt a számított sebesség egyfolytában 0,6 m/s-mal volt magasabb a valóságosnál. Ráadásul a szonda vevőberendezése állandóan visszadobta a GPS adatokat frissítő adást, így a pályaadatok nem tudtak frissülni, az eltérés a számított és a valóság között egyre nőtt. A tragikomikus az, hogy a műhold gyártójánál tudtak a hibáról. Ám a repülés előtti teszteken a szimulátor szoftverbe betáplálták az eltérést, így a navigációs rendszer tökéletesen működött ideleln a Földön. Ám a szonda éles szoftveréből kimaradt ez a 0,6 m/s-os korrekció... (Ugye emlékszünk még az „akkor ez most centiméter, vagy inch” ügyre?) Ugyanilyen nüansznyi, ám a hold végzetét okozó hibának bizonyult az, hogy bár számítottak a hiba lehetőségére és felszereltek egy ütközésfigyelő és elkerülő rendszert is, ám komikus módon az ugyanazokból a hibás adatokból dolgozott, mint maga a navigációs rendszer. Az egyetlen szerencse talán, hogy a céltárgy sértetlenül úszta meg a kalandot, igaz a pályája magasabbra került. A kísérlet 110 millió dollárba került és csak nagyon kevéske részsikert hozott. A tervezésbe becsúszott logikai hibák sora azonban újra ráirányította az emberi tényezőre a figyelmet. Egy ilyen hiba egy emberes küldetésen bizony sokkal végzetesebb lehetett volna. Még nagyobb hangsúlyt kap ez annak fényében, hogy az autonóm dokkolási rendszert, a DART fő kísérleti célját azért fejleszti a NASA, hogy az űrállomás és a későbbi emberes expedíciók utánpótlásához ő is rendelkezzen az orosz Progresszeken már működő, de saját rendszerrel. Azaz sikerült a nemzeti büszkeség oltárán kidobni egy kazal pénzt, hiszen a drága amerikai mérnökök is lám „tudtak” selejtet gyártani, miközben rendelkezésre áll egy évtizedek óta jól működő rendszer, amit nagyságrendileg hasonló összegben „tokkal-vonóval” megvehetett volna a NASA.

2006. június



A földközeli kisbolygók törmelékhalma? A Science magazin különszámot szentelt a Hayabusa-űrszondának, amelyben a kutatók az Itokawa kisbolygóra vonatkozó eredményeiket közlik. A JAXA japán űrügynökség Hayabusa-szondája 2005 szeptembere és decembere között tanulmányozta közvetlen közlől a 25143 Itokawa nevű, földközeli kisbolygót. Adatokat gyűjtött az alakjáról, tömegeloszlásáról, felszíni alakzatairól, ásványi összetételéről. A mérések szerint a krumplira emlékeztető kisbolygótest három merőleges térbeli tengely mentén mért kiterjedése 535, 294 és 209 m. Tömege $3,51 \times 10^{10}$ kg. Átlagos sűrűsége a becslések szerint $1,9 \pm 0,13$ g/cm³ – nem egészen kétszer akkora, mint a vízé. Térfogatának közel 40%-a egyszerűen „üres”.

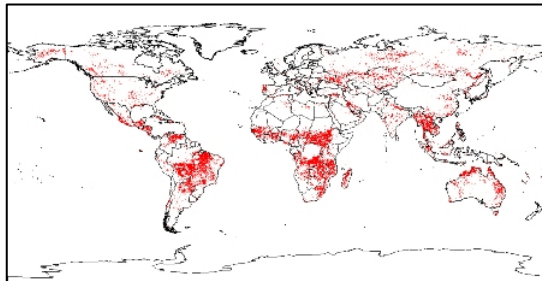
A hét tudományos közleményből kiemelkedik az a felismerés, hogy a japán szonda által meglátogatott kisbolygó nem egy többé-kevésbé egységes, hatalmas szikladarab. Inkább kisebb törmelékdarabokból állt össze, amelyeket a tömegvonzás tart egyben. Az elképzelések szerint az égitest egy, a Naprendszer korai időszakában kialakulóban levő nagyobb bolygótest maradványa. Az ütközéses feldarabolódást követően az anyagtörmelékek újból összeálltak, immár egy lazán kötött test formájában. Minderre utal az alacsony sűrűség, a

porózus szerkezet, a nagyobb szikladarabok gyakori előfordulása a felszínen, és a kisbolygó szabálytalan alakja. A „gyilkos kisbolygók” gyakori szereplői a kalandfilmeknek és a bulvárhíreknek. Ugyanakkor valóban nem zárható ki annak a lehetősége, hogy valaha a jövőben az emberiségnek „el kell térítenie” pályájáról egy, a Földet veszélyeztető naprendszerbeli testet. Okkal feltételezhető, hogy az Itokawához hasonló kisbolygók felépítése ugyanilyen. Ha ez így van, akkor az eredmények közvetlen adalékokkal szolgálnak a védekezési módszer kidolgozásához.

A Hayabusa eredményeinek megkoronázása volna, ha végül – sok viszontagság után – sikerülne 2010-ben a felszíni anyagmintát a Földre juttatnia. Függetlenül attól, hogy ez sikerül-e vagy sem, a program jóvoltából a korábbiaknál máris sokkal többet tudunk a földközeli kisbolygókról, illetve a 4 és fél milliárd évvel ezelőtt lezajlott bolygókeletkezési folyamatról. Az amerikai NEAR-Shoemaker szonda által 2001-ben vizsgált 433 Eros kisbolygóval ellentétben az Itokawa nem egy szilárd test, inkább kisebb (homokszemnyi) és nagyobb (akár ötven méteres) törmelékek laza halmaza. Infravörös és röntgen színeképelemzések alapján jellemzően kondritokból áll. Meglepő felfedezés, hogy a felszínen különösen sima területek is találhatók, míg máshol a terep rendkívül tagolt. Kevés a becsapódásos eredetű kráter. Mindez arra utal, hogy az égitest bizonyos értelemben aktív: anyaga időnként átrendeződhet.

Tűztérkép az űrből. Az ESA mesterséges holdjai már egy évtizede gyűjtik az adatokat a Föld tüzeiről. A térkép a felhasználók számára most már közel valós időben is elérhető. Az első globális tűzdetektáló rendszer 6 órával az esemény észlelése után jeleníti meg a térképen a „forró foltokat”. A több évre visszanyúló adatbázis fontos a környezeti változásokat vizsgáló kutatások számára, és segíthet megérteni a tüzek szerepét a Föld ökoszisztémájának alakításában. Jelenleg 200 regisztrált felhasználó veszi igénybe az adatbázist, főleg légköri kutatások céljára. A térképek mellett az események időpontja, földrajzi szélessége és hosszúsága egészen 1995-ig visszakereshető. Évente 50 millió hektárnál is nagyobb területen pusztítanak erdőtüzek. Ezek hozzájárulnak a levegő szennyezettségének, illetve az üvegházhatást kiváltó gázok – elsősorban a szén-dioxid – mennyiségének növekedéséhez. Az 1998. évi El Niño-jelenség nyomán például a Borneó szigetén kitört erdőtüzek mintegy 2,5 milliárd tonna szennet juttattak a légkörbe. Összehasonlításként: ez egész Európa egyéves kibocsátásával egyenlő!

A *World Fire Atlas* (WFA) adatai az ESA 1995-ben indított ERS-2 földmegfigyelő mesterséges holdjának ATSR, illetve a 2002-től működő Envisat hold AATSR műszerétől származnak. Ezek az érzékelők az infravörös tartományban működnek. A tüzeket legkönnyebben a helyi éjszaka során tudják detektálni, amikor a környezet hőmérséklete alacsonyabb. A tüzet jelző hőmérsékleti határ kb. 39 °C; nagy hőmérséklet esetén (pl. ipari baleset) a térbeli felbontás igen jó.



Űrtechnika a hazai mezőgazdaságban. Bemutatunk egy működő hazai példát a műholdas helymeghatározás (pontosabban a valós idejű kinematikus GPS, szokásos angol rövidítéssel RTK) mezőgazdasági alkalmazására. A globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS) kiépítés alatt álló hazai kiegészítő infrastruktúrájának (www.gnssnet.hu) felhasználói összetétele nem tükrözi a nemzetközi statisztikát, így pl. a mezőgazdasági alkalmazásnál a centiméter pontos valós idejű technikára eddig nem volt példa, pedig potenciálisan az egyik legnagyobb alkalmazási terület. Ennek oka lehet az is, hogy a Földmérési és Távérzékelési



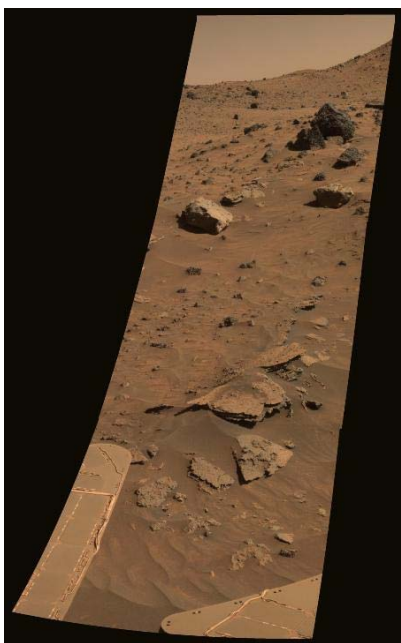
Intézet (FÖMI) által épített rendszer 2006 nyarán csak az ország 60%-át fedi le. Ennek ellenére 2006-ban párhuzamosan több helyen is elkezdődtek a hazai alkalmazási kísérletek (Bácsbokod, Kunszentmárton, Páty). 2006 júniusában Kovács Bálint egyéni gazdálkodó lehetővé tette, hogy a Páty térségében alkalmazott rendszert, az FVM Mezőgazdasági Kutató Intézettel együtt megtekinthessük. A traktorra egy AgGPS252 GPS vevővel – mely egyben a GPS antenna is – bővített EZ-Guide Plus, RTK technikára képes sor-

követőt szereltek azért, hogy a néhány centiméteres csatlakozási pontosságot elérjék. A rendszert kiegészítették AgGPS robotpilóta egységgel, hogy gyakorlatilag automatikusan biztosított legyen a 3-5 cm-es visszatérési pontosság. A helyi bázisállomáson meghatározott RTK korrekciót rádió adó-vevővel továbbítják a GPS egységbe. Jelenleg tehát nem a FÖMI GNSS infrastruktúrájára támaszkodnak, hanem saját helyi bázist telepítettek. Természetesen az a cél, hogy mielőbb térjenek át a központi infrastruktúra használatára, de ehhez javítanunk kell a rendelkezésre állás színvonalán. Az európai EUPOS hálózat sikeres megvalósítása ezen a területen is megoldást jelent.

A robot vezető előnye a hagyományos sorkövetés-szel szemben egyrészt ott jelentkezik, hogy a gépkezelő mentesül a folyamatos koncentrációtól, ennek következtében az előforduló hibák is csökkennek, másrészt biztosított az egyenes sorok tartása dombos területen, vagy rossz látási körülmények mellett is (por, köd, sötét, belvizes terület, stb). A technika lehetővé teszi a sebesség növelését is – akár a duplájára is, ha a többi egység is alkalmas erre –, ami közvetlen gazdasági előnyt jelent a hatékonyabb gépkihasználásban, a termelési költségek csökkentésében. A gépkezelő feladata lényegében a sorvégi megfordulás és a közelítő sorbeállítás, majd a robotpilóta elindítása. A technika mezőgazdasági alkalmazása megköveteli, hogy a valós idejű korrekciók rendelkezésre állása a lehető legmagasabb szinten legyen biztosítva, mert itt a legkisebb kiesés is jelentős károkhoz vezethet. A korrekciók elérésére ezért alternatív megoldást is célszerű beiktatni. Ahol nincs biztosítva a GPRS átvitel, ott helyi rádió beiktatásával lehet biztosítani a megoldást, mint ahogy a pátyi rendszer is egyelőre helyi rádió alkalmazásával oldja meg a feladatot.



Amerikaiak építik, európaiak indítják Vietnam első műholdját. Néhány héttel azután, hogy kiderült: az első vietnami műholdat amerikaiak építik meg, most bejelentették, hogy azt az ESA állítja Föld körüli pályára. A 2200 kg-os, 25-30 db C-, illetve Ku-sávú transzponderrel felszerelt telekommunikációs műholdat a vietnami kormány megbízásából az amerikai Lockheed Martin építi. Nagy verseny folyt az indításért is, hiszen az országnak nincs saját hordozórakétája. A Vinasat-1-et az ESA mellett az Egyesült Államok és Oroszország is szívesen pályára állította volna. Végül Vietnam számára az európai Arianespace adta a legmeggyőzőbb ajánlatot, így várhatóan 2008-ban a Francia Guyana-i Kourou űrközpontból európai hordozórakétával indíthatják a Vinasat-1 műholdat. A műhold élettartamát 15 évre tervezik



Második marsi tavaszukra készülnek a roverek.

Augusztus 8-án volt a Mars-on a téli napforduló. A két amerikai marsjáró, a Spirit és az Opportunity várja a hosszabbodó nappalokat... A marsi tél kellős közepén, miközben a napelemeket érő sugárzás lassan elérte a minimumot, a Spirit nemrég olyan meteoritokat fedezett fel, amelyek „elfoglaltabb” körülmények között talán észrevétlenül maradtak volna. Kényszerű nyugalmi helyzetét kihasználva a Spirittel egy színes körpanoráma-képet is készítettettek az irányítók.

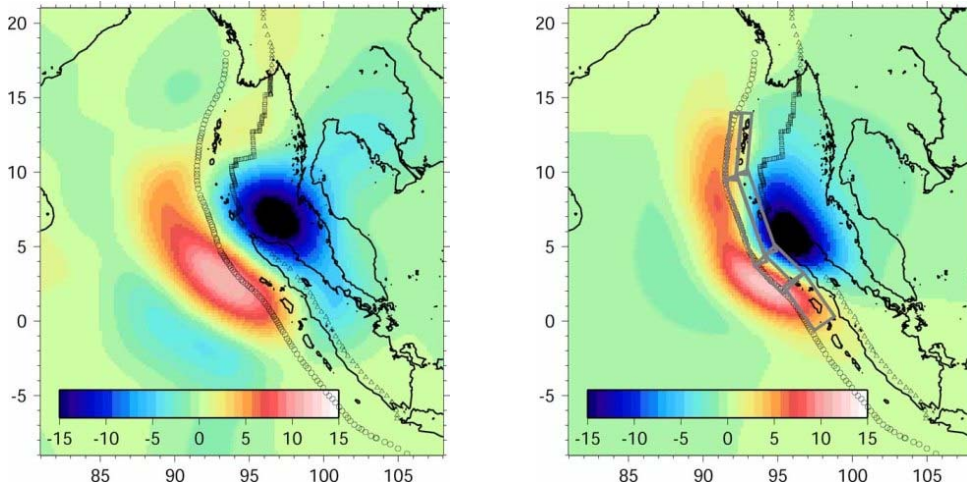
Bár az éjszaka közepén a Spirit műszerei természetesen nincsenek bekapcsolva, a számítások szerint a legalacsonyabb hőmérséklet, amit átélt, mínusz 104 °C volt. Ahogy a Nap egyre magasabban jár – a tavaszi napforduló február 8-án lesz –, a Spirit számára a legnagyobb kihívás a mozgás lesz, mivel jobb első kereke üzemképtelen. Az irányítók optimisták, szerintük öt kerékkel is megteheti majd napi 10-15 métert a jármű, legfeljebb a nehezebb (nagyon sziklás vagy homokkal borított) és meredekebb terepektől kell óvni. Ha a Spirit elegendő energiát tud nyerni, talán szeptember elején, akkor megpróbálják 30 fokkal elforgatni, hogy jobban vizsgálhassa az elromlott kerék által feltúrt, világosabb színű talajt.

A bolygó túloldalán az Opportunity tovább közeledik a Victoria-kráterhez, amely az eddigi legnagyobb ilyen, közeli megvizsgált képződmény lesz. (Az Opportunity-t – pozíciójánál fogva – kevésbé érintette a napsütéses időszak csökkenése, mint a Spiritet.) Jelenlegi tartózkodási helyéről, a 35 méter átmérőjű Beagle-kráter környékéről az Opportunity is készített panorámaképet. Az amerikai űrhivatal nemrég hivatalosan is meghosszabbította a marsjárók programját, októbertől kezdődően újabb egy évvel.

Föld körüli pályán a Koreasat-5. A Csendes-óceán közepén úszó platformról indult Dél-Korea első kettős (katonai és kereskedelmi) hasznosítású kommunikációs holdja. A Zenyt-3SL rakéta augusztus 22-én hagyta el az indítóállást az Egyenlítő térségéből, a 154. nyugati hosszúsági foktól. A hordozóeszköznek 1999 óta ez volt a 22. startja (ebből 20 teljes siker). Az úszó indítóállást egy korábbi norvég olajfúrótorny-platformból alakították át. A háromfokozatú rakéta segítségével volt a forgó Föld is: az Egyenlítő mentén a maximális a kerületi sebessége. A közel 4,5 tonnás Koreasat-5 geostacionárius pályára kerül, a 113° keleti hosszúság (Borneó szigete) fölé. Tervezett élettartama 15 év. Összesen 36 transzponderén a koreai hadsereg és egy távközlési szolgáltató vállalat osztozik. A Koreasat sorozat előző három (!) tagja kizárólag polgári célokat szolgált. (A négyes számot kihagyták, mivel bizonyos ázsiai kultúrákban a halált szimbolizálja...)



Újfajta földrengés-megfigyelési módszer. A műholdas mérési technika fejlődésével immár lehetséges, hogy a nagy földrengések nyomán a földi gravitációs erőterben utólag bekövetkező helyi változásokat kimutassák. Amerikai kutatók a Science magazin augusztus 4-ei számában közzétették azt a cikket, amelyben a 2004 decemberi pusztító szumátrai földrengés hatásáról számolnak be. A méréseket a 2002-ben amerikai és német együttműködésben felbocsátott GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) műholdpárossal végezték. A GRACE működésének lényege, hogy az egymástól kb. 200 km-re keringő holdak távolságában fellépő apró változásokból következtetnek a gravitációs tér változására. A 300-500 km-es magasságú pályán működő űreszközökkel kiváló térbeli felbontást lehet elérni. Az egy adott helyen 30 naponta ismétlődő mérések révén az időbeli változások is jól nyomon követhetők. A GRACE alkalmazható például a sarkvidéki hó- és jégsapkák méretváltozásának követésére vagy a tengerfenéki nyomás változásainak kimutatására.



A legújabb mérések egyértelműen kimutatták az Indiai-óceán térségében kipattant földrengés hatását. A változás mértéke a -15 és +15 mikrogal tartományba esik (összehasonlításképpen: a felszíni nehézségi gyorsulás értéke mintegy 8 nagyságrenddel nagyobb, átlagosan 980 gal; 1 gal = 1 cm/s²). Az erőter változásának fizikai oka lehet a kőzetlemez anyagának átrendeződése (például a viszonylag nagyobb sűrűségű rétegek felemelkedése), illetve a kéreg és a köpeny környező anyaga sűrűségének megváltozása a földrengés során felszabadult mechanikai feszültség hatására. Mivel a földrengés a tenger alatt következett be, ezért hagyományos geodéziai módszerekkel kevés információt lehetett gyűjteni a hatásáról. Az új módszer jelentősége, hogy ilyen körülmények között is alkalmazható – egyelőre a hatalmas, legalább 9-es magnitúdójú rengések esetén. A bal oldali ábrán a GRACE-nek a földrengés előtt és után készült méréseiből összeállított különbségtérkép látható. A színskála -15 és +15 mikrogal között változik. A jobb oldali ábrán a szeizmikus gravitációs változások egy számítógépes modell alapján számolva jó egyezést mutatnak a mért értékekkel. (Képek: OSU/S.-C. Han és munkatársai)

2006. szeptember

A SMART-1 a Holdra ért. A terveknek megfelelően becsapódott a Hold felszínébe az ESA szondája. Az eseményre szeptember 3-án pontosan 7:42:22-kor került sor (közép-európai időben mérve). A jelenséget amatőr és hivatásos csillagászok serege figyelte a legkülön-

félőbb műszerekkel. (A földi észlelésekhez elsősorban a Dél-Amerikában és Hawaii szigetén telepített nagy távcsöveket tudták használni, ezért is irányították így a becsapódás időpontját.) Maga a szonda az „utolsó pillanatokban” még némi izgalomra adott okot. Szeptember 1-jén 15:09-kor automatikusan biztonsági üzemmódba kapcsol. Ez általában akkor fordul elő, ha a fedélzeti berendezések valamelyikénél rendellenes működést észlelnek a műszerek. A váratlan esemény elhárítása majdnem hat feszült órába került az ESA darmstadti irányító központjában (ESOC) dolgozó szakembereknek.



Űrsör nélkül, súlytalanul. Az ESA kilencedik alkalommal meghirdetett tudományos diákprogramjában először szerepelt magyar csoport, akik ugyan saját tudományos kísérletüket nem végezheték el, de repülhettek egy Airbus 300-zal. Technikai okokból egyelőre meghiúsult az Űrsör-kísérlet. A magyar Űrsör-csapat az elmúlt másfél hétben a franciaországi Bordeaux-ban készült a repülésre, hogy egy speciálisan átalakított Airbus 300-as repülőgép fedélzetén huszonkét másodpercig legyen a súlytalanság állapotában. A Miskolci Egyetem, az ELTE és a BME diákjaiból álló csapat fémhab-kísérlettel készült a repülésre. A magyar csoport a fémhab viselkedését, olvadását és ismételt megszilárdulását szerette volna vizsgálni. A szürkére festett hungarocellnek tetsző alumínium-fémhab kellőképpen merev anyag ahhoz, hogy energiaelnyelő képessége folytán gépkocsigyártásban, szigetelőképessége okán – mivel tűzálló – alagutak belső burkolásánál lehetne hasznosítani, és súlytalanságban könnyebben el lehet készíteni, mint a Földön. A korábbi diákkísérleteknél tapasztalt műszaki problémák miatt megszigorított biztonsági ellenőrzések egyikén aztán elektronikus hiba lépett fel, ezért a kísérlethez szükséges berendezést végül nem engedték használni a súlytalansági repülés során. Azért sem, mert egy héttel az indulás előtt a francia csapat berendezése felrobbant és egy francia diáklány, akinek az arca megsérült, jelenleg is kórházban van.

A magyar csoport egyik tagja ennek ellenére felszállt. A franciaországi Bordeaux repülőtéréről szeptember 13-án reggel fél kilenckor indult a Novespace által üzemeltetett, speciálisan átalakított Airbus 300-as repülőgép. Dianiska Balázs, a budapesti ELTE csillagász szakos hallgatója saját kísérlete helyett egy nemzetközi orvosi biológiai kísérlet-sorozatban vett részt, amelyben olasz és német diákokkal azt vizsgálták, miként változik meg az ember színlátása a súlytalanságban. Az Atlanti-óceán felett végzett parabolarepülés alatt az Airbus 300-as 7800 méteres magasságból 6100 méterig zuhant. Szeptember 14-én Vincze Miklós, az ELTE fizika szakos hallgatója is részt vehet a súlytalansági repülésen. Az ESA kutatói, a csapat tagjai és a témavezető Babcsán Norbert a súlytalansági kísérletek folytatása mellett döntöttek. A fémhab-kísérlet – lévén, hogy a meghiúsult diákkísérlet ellenére is tudományos jelentőségű eredmény várható tőle – jó eséllyel pályázhat újabb repülésre.



Startolt a Szojuz-TMA-9. Szeptember 18-án Bajkonurból elindult az első női űrturista és a Nemzetközi Űrállomás új legénysége. Közben az űrállomáson füstriadó okozott izgalmat. A Szojuz-TMA-9 űrhajó hivatásos amerikai és orosz utasa az űrállomás személyzetét váltja le, a harmadik űrhajós az első női űrturista, egy iráni származású amerikai üzletasszony. Az űrállomást szerdán érik el.



A Szojuz-TMA-9 utasai: balról jobbra Anousheh Ansari, Mihail Tyurin és Mike Lopez-Alegria.

Röviddel az új űrhajósok érkezése előtt az ISS orosz szegmensében az űrhajósok aktiválták a tűzjelző berendezést. A szag, amelyet először Jeff Williams érzékelt, egy oxigénfejlesztő berendezésből származott. A rövid riadalom után kiderült, hogy nem volt tűz és füst, és az űrhajósok egy pillanatra sem kerültek veszélybe.

A NASA irányítói formálisan vészhelyzetet hirdettek, hogy az ilyenkor szükséges kommunikációs vonalakat biztosítsák. A három űrhajós elővigyázatosságból védőkesztyűt és gázmaszkot öltött. Az Elektron nevű oxigénfejlesztőt leállították (ez elektromos áram segítségével, vízbontás útján termeli a légzéshez szükséges gázt). Baj akkor sincs, ha a berendezést nem tudják azonnal elindítani, hiszen vannak a fedélzeten oxigéntartályok, illetve más elven működő tartalék eszközök.

Sikeresen visszatért a Szojuz. Az űrállomás két űrhajója 6 hónapos munka, a női űrturista 10 napos kaland után landolt Kazahsztánban. A Szojuz-TMA-8 űrhajó visszatérő kabinja szeptember 29-én ért Földet. A Nemzetközi Űrállomás (ISS) 13. állandó személyzetének két tagját, Pável Vinogradov parancsnokot és Jeff Williams fedélzeti mérnököt, valamint az űrturista Anousheh Ansarit helikopteres kereső egység várta. (A csoportban helyet kapott az iráni származású Ansari férje, Hamid is.) Vinogradov és Williams a starttól a megérkezésig összesen 182 napot, 22 órát és 44 percet töltött a Földtől távol.

Folytatódik a GPS modernizációja. Az amerikai navigációs műholdrendszer legújabb tagját Delta-2 rakétával állították pályára. A GPS Block-2R-M típusú mesterséges hold pontosan egy évvel és egy nappal követte a legújabb műhold-generáció első képviselőjét. A mostani startra szeptember 25-én került sor Cape Canaveralból. A hold három hét múlva éri el a kb. 20 ezer km magas pályáját, azután a berendezések beüzemelése következik. Az A jelű pályasík 2. pozícióját foglalja el, ahol jelenleg egy 1992 óta működő, de az utóbbi időben már „gyengélkedni” kezdő GPS-hold sugározza a navigációs rádiójeleket. A Block-2R-M sorozat új katonai kódolást alkalmaz, a polgári felhasználók számára pedig új frekvencián is sugároz. Ezzel növeli a pontosságot és a biztonságot. A jelenleg pályán levő holdak a tervezettnél sokkal jobban „teljesítenek”: a 6-7,5 éves élettartam helyett a műhold-konstelláció legidősebb tagja lassan 16 éve működik. Ezért a rendszer modernizációja – a régi holdaknak a lecserélése fejlettebbekre – viszonylag lassan halad. A közeljövőben újabb indítások is várhatók.



Régi-új képek a Vénusz felszínéről. A Venyera szovjet űrszondák voltak az egyetlenek, melyek leszállóegységei képeket sugároztak vissza a Földre. Ezeket a panorámaképeket javították fel – meglepő eredménnyel... Közel 25 év telt el azóta, hogy a Venyera-szondák áthataltak a Vénusz vastag légkörén, hogy alig túlozva, a pokolból közvetítsék első képeiket. 90 atmoszféra nyomás, 450-500 °C, kénsavas eső, mely csak a nagy hőség miatt nem ér le, mindenütt egykor aktív vulkánok kalderái, stb. Ilyen bolygón kellett 1982-ben sima leszállást végrehajtania a Venyera-13 és -14 űrszondáknak, melyek képeit most Don Mitchell – a Microsoft és a Bell Laboratórium nyugalmazott kutatója, aki a számítástechnikával és a kép-

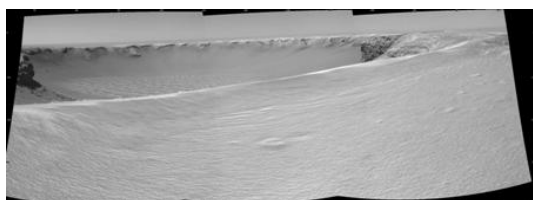
szerkesztő, képjavító eljárásokkal hosszú évek óta foglalkozik – feljavította, mivel a Vénusz-kutatás iránt egyébként is érdeklődik. Azokon eredetileg csak nagy fantáziával lehetett elképzelni a tájat, mivel az alsó légkötegek nagy sűrűségkülönbsége olyan nagy optikai törésmutatót eredményez, minek következtében mintha halszemoptikával vizsgálnánk a körülöttünk lévő világot. A képjavításban Mitchell nagy segítségére volt Jurij Getkin, a Venyera kameráinak tervezője. A Venyera-13 és -14 után Mitchell a Venyera-9 és -10 képein dolgozik, majd a keringőegység felvételeit akarja új megvilágításba helyezni.



A régi-új képeken végre feltűnik a vénuszi táj. Ilyennek sosem látnánk a nagy törésmutató miatt, ezért, bár furcsa ilyet mondani, a kép nem azt mutatja, mit látnánk, hanem azt, milyen az valójában. A Venyera-13 képen dombok tűnnek elő, a Venyera-14-én megmutatkozik a kopár táj.

2006. október

Hírek a Marsról. Az amerikai Opportunity marsjáró újabb jelentős állomásához érkezett. A Victoria-kráter kb. ötször akkora, mint az előző kráter (Endurance), amelyet az Opportunity



közelről tanulmányozhatott. Az első képek alapján a kráter oldala egyenetlen. Ha sikerül bejutni, a kőzet rétegződése közvetlenül tanulmányozható, a Mars régmúlt történetének környezeti viszonyai felderíthetők. A kráter alja dűnékkel borított. Az Opportunity 2004 januárja óta rója a Mars felszínét, az eredetileg

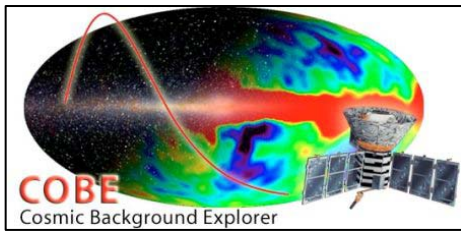
tervezetthez képest immár tízszer hosszabb működési idővel. Ikertestvére, a bolygó másik oldalán, a déli féltekén dolgozó Spirit egyelőre egy helyben áll, várja a napsütéses évszak beköszöntét. Októberben mindkét jármű „pihen”, a Földről nézve ugyanis a Mars a Nap közelébe kerül az égen, megnehezítve ezzel a rádiós kommunikációt minden marsi és Mars körüli űreszközzel. A NASA a napokban jelentette be, hogy ismét egy évvel meghosszabbítja (vagyis továbbra is finanszírozza) a roverek tudományos programját. Két éves hosszabbításban részesült az 1997 óta a bolygó körül keringő Mars Global Surveyor, valamint a 2001 óta működő Mars Odyssey. Az amerikaiak tovább folytatják az európai Mars Express programban való részvételüket is.

A Mars Express-szel kapcsolatos újdonság, hogy sikeresen átvészelte a mostani, különösen megterhelő, jó egyhónapos fogyatkozási szezont. Ilyenkor a szonda pályája úgy alakul, hogy sokat tartózkodik a Mars árnyékában: hatórás periódusú pályáin akár 75 percet. Ezért a napelemek nem tudnak energiát termelni, a fedélzeti akkumulátorokra hagyatkozik az üreszköz. A mostani „altatásra” az irányítók igyekeztek egy olyan üzemmódot kidolgozni, amely során a lehető legkevesebb a Mars Express energiafelhasználása. A szonda élettartamát meghatározza az akkumulátorok állapota, ezért kímélni kell őket.



A NASA legújabb Mars-szondája, a Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) elérte alacsonyan (250-316 km közötti felszín feletti magasságban) húzódo pályáját. Megkezdődött a fő műszer, a nagyfelbontású kamera (*High Resolution Imaging Science Experiment, HiRISE*) üzembe helyezése, s megérkeztek az első felvételek is. Az MRO első két éves tudományos programja novemberben indul.

Nobel-díj űrkutatási eredményért. Az idei fizikai Nobel-díjat John Mather és George Smoot, a COBE mesterséges hold vezető kutatói kapták, a kozmikus mikrohullámú háttér-sugárzással kapcsolatos felfedezéseikért. A világegyetem történetének leírására két modell versengett a múlt század közepén. Az egyik szerint világegyetemünk egy Ősrobbanással (Big Bang) kezdődött és azóta tágul, a másik szerint pedig állandó állapotban létezik. Már az 1940-es évek végén jelezték elméleti fizikusok, hogy az Ősrobbanás utáni időszakban keletkezett sugárzás maradványa ma mikrohullámú sugárzás formájában jelen lehet a világegyetemben. Arno Penzias és Robert Wilson 1964-ben fel is fedezték ezt a sugárzást, és a meghatározó fontosságú eredményért 1978-ban kapták meg a fizikai Nobel-díjat. Ez egyértelmű bizonyíték volt az Ősrobbanással kezdődő elmélet helyességére.



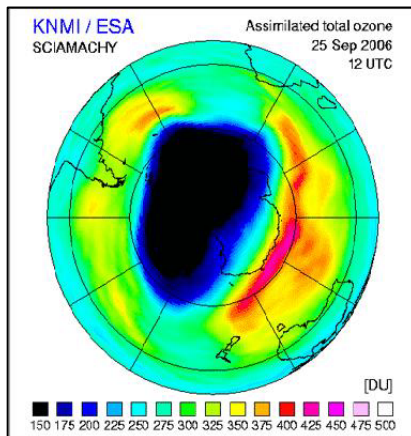
Az első megfigyelés természetesen csak a sugárzás meglétét igazolta, a részletek, többek között a spektrumának alakja, a különböző hullámhosszak eloszlása még tisztázásra várt. Földi, magas hegyeken és a légkörben végzett mérésekkel nem sikerült tisztázni a spektrum alakját – a megoldást műholdakkal végzett mérések szolgáltatták. 1974-ben a NASA pályázatot hirdetett a világűrben végzendő kísér-

letekre. Ekkor nyújtották be a COBE műhold tervét (a név a kozmikus háttér vizsgálatára utal – *COsmic Background Explorer*). Az idővel hatalmasra nőtt tudományos program motorja, vezető alakja a most díjazott John Mather volt. Ő felelt azért a fedélzeti műszerért is, amely a sugárzás feketetest-jellegét vizsgálta. A másik díjazott, George Smoot a másik meghatározó jelentőségű készülékért, a háttér-sugárzás irányeloszlását mérő berendezésért volt felelős. A programban ezernél több kutató, mérnök és más szakember vett részt. A COBE műholdat eredetileg egy űrrepülőgéppel tervezték pályára állítani, de a Challenger 1986-os tragédiája miatt végül hordozórakétával juttatták az űrbe 1989. november 18-án, 15 évvel a javaslat kidolgozása után. Az első döntő eredmény alig 9 perces adatgyűjtés után megszületett: az Univerzum háttér-sugárzása ún. feketetest-sugárzás. A Smoot által irányított kísérletben arra kerestek választ, hogy egyenletes-e a mikrohullámú háttér-sugárzás eloszlása, vagy vannak irányfüggő kis eltérések. A kutatók eltérésekre számítottak, ellenkező esetben nem tudták volna magyarázni a galaxishalmazok, galaxisok létezését.

Az Opportunity – felülről! A frissen üzembe állt Mars Reconnaissance Orbiter kamerája tényleg igen élesen „lát”: lefényképezte a bolygó felszínén dolgozó Opportunity marsjárót. Az Opportunity nemrég a Victoria-kráter mellé érkezett.



A fenti képet a végleges pályáját nemrég légköri fékező manőverek sorozata után elérő Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) készítette. A NASA legújabb Mars körüli „szeme” nem csak a rovert, de a keréknyomokat is képes felbontani a felszínen. A bolygó körül keringő illetve a felszínen dolgozó űreszközök kitűnően ki tudják egészíteni egymás munkáját. A nagyfelbontású űrfelvételek segítik majd az Opportunity irányítóit az érdekes célpontok megtalálásában. Másrészt a helyszínen szerzett információkat az MRO felvételeivel összevetve könnyebb lesz a Mars más vidékeiről készülő képek értelmezése is.



Rekordnagyságú ózonhiány a Déli-sarkvidék felett. Az Envisat mérései alapján a 2006-ban mért magaslégtéri ózonveszteség minden eddigit felülmúlt. Az ózonveszteséget a Déli-sarkvidék felett elvékonyodó ózonréteg (az ún. ózonlyuk) területének és mélységének meghatározása alapján becsülik. Az ózonlyuk idén 28 millió négyzetkilométer kiterjedésű, majdnem akkora, mint a rekordot jelentő 2000. évben. A 2000-es adatok szerint az ózonveszteség 39 millió tonna volt, idén október elején már 40 milliónál jártunk. A háromatomos oxigénmolekulák lebomlását gyorsítja, ha a sztratoszférában igen alacsony a hőmérséklet, majd igen erős a napsugárzás. A déli féltekén a tél folyamán a sarkvidéki légtömegek nem tudnak keveredni

a közepes szélességek fölött levő levegővel. A téli sötétben kialakult, magas klórtartalmú, izolált légtömeg a tavasz beköszöntével erős ultraibolya sugárzásnak van kitéve, s megindul az ózon bomlása.

A sztratoszférában, 25 km körüli magasságban található ózon szerepe, hogy megvédjen bennünket (és az élővilágot) a Naptól érkező káros ultraibolya sugárzás jelentős részétől. Az elmúlt évtizedben a globális magaslégtéri ózonmennyiség évi 0,3%-os csökkenést mutatott, megnövelve ezzel a bőrrák, a szembetegségek kockázatát. Az ózonréteg vékonyodását a természetes időjárási folyamatok mellett elősegítik a légkörbe juttatott, klórkibocsátást jelentő szennyező anyagok (klór-fluor-karbonok, CFC). Bár ezeknek a használatát az 1987-es Montreali Jegyzőkönyv nyomán sikerült visszaszorítani, a légkörből még mindig nem tűntek el. Az először 1985-ben észlelt ózonlyuk általában novemberig vagy decemberig marad fenn, amikor megkezdődik az egyenlítői vidékek felett nagy mennyiségben képződő ózon beáramlása.

A méréseket az ESA Envisat földmegfigyelő mesterséges holdjának műszereivel készítették, az európai GMES program keretében. Az Envisat gyors és rendszeres adatai lehetővé teszik, hogy szolgáltatászerűen előre jelezhessék a földfelszíni ultraibolya sugárzás mértékét. A hosszú időre kiterjedő műholdas mérések azért is nagyon fontosak, hogy megjósolhassák a több évtizedes trendeket. A jelenlegi számítások szerint a sztratoszférikus ózonréteg talán csak 2060 utánra állhat helyre – feltéve hogy addig az emberiség nem ront el megint valamit...

A Föld fényei éjjel. Bolygónk országai, városai jellegzetes fényei alapján a világűrben is láthatók. A műholdképekből összeállított mozaikon az éjszakai világítás az emberiség műve. Meglepően könnyen felismerhetők az iparilag fejlettebb és nagy népsűrűségű országok, a jelentősebb városok. Az emberi települések kirajzolják a tengerpartokat, a nagyobb folyók völgyeit: a könnyebb áruszállítás érdekében elődeink előszeretettel telepedtek meg ilyen helyeken. A feltűnően sötét helyek a kontinensek



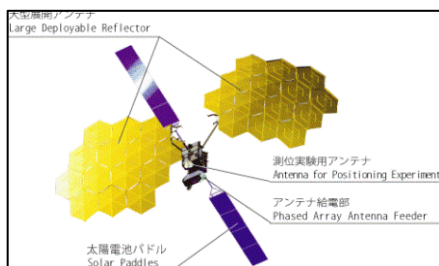
– különösen Dél-Amerika, Afrika, Ázsia Ausztrália – belső vidékein láthatók. A képet természetesen számos, különböző időpontokban, tiszta időjárási körülmények között készült úrfelvételből rakták össze. A több száz felvétel az amerikai hadsereg meteorológiai műholdjaitól (Defense Meteorological Satellite Program, DMSP) származik. A fenti nagyítás Európát mutatja. Az erős fényszennyezés sok gondot is okoz: energiapazarló, zavarja az élővilágot és a csillagászati megfigyeléseket.



Új antenna-technológia. Az Ariane hordozórakéta legutóbbi indításakor a japán űrügynökség sikerrel próbált ki egy olyan antennát, amelyhez hasonlót nemsokára nagyobb méretben alkalmazhatnak majd. Az LDREX-2 (*Large Deployable Reflector Small-sized Partial Model 2*) kísérlet célja az volt, hogy Föld körüli pályán kinyissanak egy kisméretű antennamodellt. Amint azt a JAXA japán űrügynökség közölte, a próba sikeres volt. Az ezt bizonyító

felvételeket a kenyai Malindiban levő műholdas követőállomás segítségével vették. A nagyméretű kinyitható antenna technológiájának első „éles” alkalmazására valószínűleg a jövő év elején kerül sor, az ETS-VIII (*Engineering Test Satellite VIII*, más néven Kiku) fedélzetén.

A japán műszaki tesztműholdak sorozatának nyolcadik darabja a digitális kommunikáció, a mobiltelefonia kihívásaira keresi a választ. A mintegy 3 tonna tömegű, 40 méter átmérőjű űreszköz két nagy kinyitható antennát visz magával. Az energiaellátást két napelemtábla biztosítja. Egy-egy antenna mérete hatalmas, egy



tenispályához hasonló. Még nagy távolságból, geostacionárius pályára állítva is alkalmas arra, hogy közvetlen összeköttetést biztosítson a Japánban levő mobil felhasználókkal. A fejlesztés végső fázisában levő óriási kinyitható antennák vázát fémháló alkotja. A holdon nagyteljesítményű adók és fedélzeti számítógép is helyet kap.

Az antenna-technológia néhány éven belül arra is alkalmas lesz, hogy a nemrég zöld utat kapott második japán rádiócsillagászati mesterséges holdon alkalmazzák. Az ASTRO-G jelű, 2012-ben felbocsátandó, 10 m átmérőjű antennával felszerelendő hold az 1997-ben indult HALCA utóda. A földi rádiótávcsövek hálózatával együtt dolgozva olyan, a Föld átmérőjénél többször nagyobb képzeletbeli rádióteleszkópot alkot, amelynek a szögfelbontása minden eddigit felülmúl. Az űr-VLBI technika alkalmas távoli fényes aktív galaxismagok (kvazárok) részletes megfigyelésére.

Elindult a STEREO. Az amerikai napkutató űrszondapáros Delta-2 rakétával startolt Floridából. Az 550 millió dolláros program startja Cape Canaveralból magyar idő szerint október 26-án történt. A STEREO (*Solar Terrestrial Relations Observatory*) egy ügyes rövidítés, amellyel azt kívánják jelezni, ahogyan az új űrkísérlet megváltoztatja a naptevékenységről alkotott eddigi képünket. A két együttműködő szonda segítségével ugyanis háromdimenziós képet kaphatunk központi csillagunkról. A háromfokozatú Delta-2 rakéta először olyan elnyúlt pályára állította az űreszközöket, amelynek földtávolpontja a Hold távolságánál is messzebb van. A Holddal való december 15-ei közeli találkozás az egyik szondát a Nap körüli, a Földéhez nagyon hasonló pályára lendíti. Ez az űreszköz a Föld „előtt” rója majd köreit. Ikerpárja január 21-eig vár a Hold lendítő hatására, s ezután besorol



a Föld „mögé”. Keringési idejük nem lesz pontosan egy év, így hozzánk képest a konfiguráció nem lesz állandó, a holdak elmozdulnak majd: évente 22°-nyit távolodnak a Földtől. Az elől haladó STEREO-A valamivel kisebb, a hátul következő STEREO-B picit nagyobb naptávolságban kering, mint egy csillagászati egység.

Mindkét STEREO szonda 16 fedélzeti műszert visz magával. Céljuk a napkorona, a napkitörések vizsgálata. A kutatók remélik, hogy a két évre tervezett program során többet tudhatnak majd meg a koronakitörések okáról, amelyek nyomán a Föld térségét is nagyenergiájú töltött részecskéket hozó hullámok érhetik el. Az épp felénk tartó kitöréseket a STEREO adataiból – a megfelelő számítógépes modellek alkalmazásával – előre tudják majd jelezni. Az űridőjárás eme viharos jelenségei veszélyt jelentenek a műholdakra, a Föld körül tartózkodó űrhajósokra, de akár a földi elektromos és távközlési berendezésekre is. A tudományos programban társkutatóként a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetének munkatársai is részt vesznek.

Mégis megjavítják a Hubble-űrtávcsövet. Az utolsó Hubble-javítás kalandos előtörténetében ezúttal pozitív fordulat következett be. Michael Griffin, a NASA vezetője úgy döntött, hogy mégis vállalkoznak az űrteleszkóp ötödik, és egyben utolsó űrrepülőgépes nagyjavítására. A Discovery startját előzetesen 2008 májusára tervezik. Az a vélemény győzött, hogy a Hubble-űrtávcső tudományos értéke akkora, hogy működésének meghosszabbítása megéri a többletköltséget és a többletkockázatot. Az STS-125 jelű küldetés kockázata elsősorban abban rejlik, hogy nincs lehetőség a Nemzetközi Űrállomás meglátogatására. Így egy esetleges külső sérülés az űrrepülőgépen veszélybe sodorhatná az űrhajósokat. A Columbia-katasztrófából okulva ezért mondtak le a hasonló repülésekről. Ez alól a szabály alól az egyetlen kivétel a Discovery repülése lehet. A repülés során öt „űrsétára” (valójában kemény munkára) lesz szükség. Ezek során hat új akkumulátort, hat giroszkópot, egy új csillagászati megfigyelő kamerát (*Wide Field Camera 3*), egy ultraibolya szinképelemzőt (*Cosmic Origins Spectrograph*) építenek be, és kicserélik az űreszköz pontos tájolásához szükséges csillagérzékelőt. Megkísérik megjavítani a hibás képalkotó spektrométert is. Ez ígérkezik az eddigi legbonyolultabb szerelési műveletnek. Ha a javítás sikeres lesz, a giroszkópok és akkumulátorok becsült élettartama alapján a megfiatalodott Hubble 2013-ig működőképes maradhat. Nagyjából ekkorra tervezik az új űrtávcső, a James Webb Space Telescope (JWST) indítását.

2006. november

A jövő amerikai űrszondái. Az amerikai űrhivatal a megvalósításra javasolt naprendszer-kutató programok tervei közül megjelölte a legesélyesebbeket. A legjobbnak ítélt három új javaslat benyújtói egyenként 1,2 millió dollárt költhetnek a koncepció részletes kidolgozására. Ha később a folytatásra is vevő volna a NASA, a teljes költségvetésük – beleértve a majdani adatok feldolgozását és archiválását is – nem haladhatja meg a 425 milliót. A végső kiválasztásra várhatóan jövőre kerül sor. Az előzetesen megjelölt űrprogramok a következők:

- Az **OSIRIS** (*Origins Spectral Interpretation, Resource Identification and Security*) egy kisbolygót látogatna meg és onnan felszíni anyagmintát hozna vissza a Földre.
- A **Vesper** a Vénuszhoz indulna, hogy minél többet megtudjon a bolygó légkörének kémiai összetételéről és dinamikájáról.
- A **GRAIL** (*Gravity Recovery and Interior Laboratory*) a Hold gravitációs terét térképezné fel nagy pontossággal, hogy égi kísérőnk belső szerkezetére következtethessen.

A fenti új programok mellett lehetőség van korábbi, elsődleges céljukat már elért űrkísérletek folytatására is. Ezek közül szintén három kapott esélyt a tervek részletes kimunkálására, egyenként negyedmillió dollár erejéig:

- A **DIXI** (*Deep Impact eXtended Investigation of Comets*) az üstököskutató Deep Impact anyaszondát hasznosítaná újra, hogy egy második üstökös mellett elrepülve részletes képeket készítsen és helyszíni méréseket végezzen.
- Az **EPOCh** (*Extrasolar Planet Observations and Characterization*) szintén a Deep Impactra épülne, de sokkal távolabbi objektumokat, a Naprendszeren kívüli bolygókat célozna. Természetesen nem helyszíni vizsgálatokról van szó, hanem a szonda nagyfelbontású kameráját irányítanák olyan csillagok felé, ahol a Földhöz hasonló méretű bolygók felfedezését remélik.
- A **Stardust Next** küldetés során a minthozó kapszulától már megszabadult Stardust újra elrepülne a Tempel–1-üstökös mellett, amelyet a Deep Impact 2005-ben látogatott meg. A Stardusttól az azóta (és a legnagyobb napközelség óta) az üstökösön bekövetkezett változások tanulmányozását várják.

A meghosszabbított programoknak természetesen már nincs szükségük új űreszköz megépítésére és felbocsátására, ezért kevesebbet is be kell érjék: a várható költségvetésük

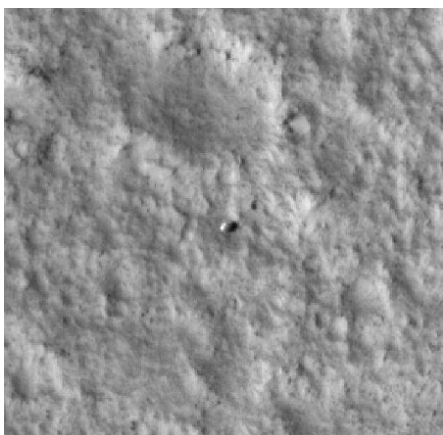
nem lehet több 35 millió dollárnál. A Discovery program áprilisban meghirdetett pályázatára egyébként összesen mintegy kéttucatnyi javaslat érkezett.

Indiai embert az űrbe! Az Indiai Űrügynökség (ISRO) céljai között immár az emberes űrrepülés is szerepel, 2014-es megvalósítási dátummal. Az ISRO terveiben az ezután következő lépés indiai űrhajós(ok) Holdra küldése 2020-ig, Kínát is megelőzve. Az ellentmondásos javaslat gyökeres változást jelentene az ázsiai ország évtizedek óta hangoztatott hivatalos űrpolitikájában. Ez az űrtechnológia gyakorlati alkalmazását helyezi előtérbe, a társadalmi igények kiszolgálására. A fő kutatási-fejlesztési területek a távközlés, az egészségügy, az oktatás és a környezetvédelem. Mindeddig az indiai űrügynökségnél szóba sem jött az emberes program, annak költségessége miatt. A mostani váltás hivatalos indoka, hogy az emberi jelenlét a világűrben hosszabb távon elengedhetetlen a Naprendszer kutatásához, márpedig ez az ISRO egyik kiemelt célja 20 éves távlatban. Másrészt az ország gyors gazdasági fejlődése nyomán a pénz „nem probléma” többé. Ha India a jövőben vezető szerepre törekszik, akkor szüksége van az emberes űrprogramra is – hangzik az érv, amellyel az ISRO elnöke október közepén a miniszterelnök elé terjesztette az elképzelést. Nyilvánvalónak tűnik, hogy az „űrverseny” egy újabb frontjának megnyitásáról lenne szó, a közvetlen vetélytárs pedig Kína. Az indiai előkészületek valójában már az első kínai űrhajós repülése, 2003 óta csendben folynak. Ebbe tartozik a meglevő hordozórakéták átalakítása, valamint a visszatérés technikájának kidolgozása. Ez utóbbit 2007 januárjában már ki is szeretnék próbálni. Ha – amint az várható – a kormány rábólint a tervekre, az első indiai emberes űrrepülés előkészítése évente 2,5-3 milliárd amerikai dollárnak megfelelő összegbe kerülne. Összehasonlításképpen: ez az ISRO jelenlegi költségvetésének több mint háromszorosa! A még távolibb cél, a Holdon való leszállás kiindulópont lehet a Naprendszer távolabbi vidékeinek felfedezéséhez, és majdan a Hold ásványi kincseinek megszerzéséhez. A terv számos kritikusa azonban rámutat, hogy a nemzetközi együttműködés talán célravezetőbb volna, mint újra „feltalálni a spanyolviaszt”. Arról nem is beszélve – mondják az ellenzők –, hogy az ország hasznosabban is fel tudná használni a programra szánt pénzt.

A Hinode már a Napot figyeli. A szeptemberi start előtt SOLAR-B-ként ismert japán mesterséges hold jó úton halad tudományos programjának megkezdése felé. Az M–V hordozórakéta hetedik (és egyben utolsó) indításával pályára állított eszköz egy 50 cm-es optikai távcsövet (*Solar Optical Telescope, SOT*), egy röntgenteleszkópot (*X-Ray Telescope, XRT*) és egy extrém ultraibolya képalkotó spektrométert (*EUV Imaging Spectrometer, EIS*) vitt magával. A Hinode elérte napszinkron pályáját, ahonnan hosszú hónapokig megszakítás nélkül figyelheti a Napot. A sikeres műszaki próbákat követően október 25-én kinyitották az optikai teleszkópot. Sikertült elérni a kíváló, 0,2 ívmásodperces szögfelbontást, amivel a Nap fotoszférájának granulációs szerkezete jól kivehető. A röntgenteleszkóp röviddel a start után ijedelmet okozott váratlan felmelegedésével. Emiatt a tervezettnél korábban ki is kellett nyitni. Az október 23-ai tesztfelvételek tanúsága szerint szerencsére jól működik. Az EIS műszer október 28-án debütált, az előzetes várakozásoknak megfelelően. A mérések egy-egy nyújtanak színképi és pozíciós információkat. Segítségével a plazma sebességét is meg tudják majd határozni a napkoronában és az átmeneti régióban.

2006. december

MRO: megvannak a régi Mars-szondák is. A Mars Reconnaissance Orbiter legfrissebb nagyfelbontású felvételein a Viking–1 és –2, valamint a Spirit leszállóhelye látható.

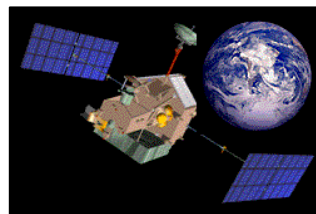


Az Arizonai Egyetem kutatói, a HiRISE kamera üzemeltetői a felszínről már jól ismert tájakat vizsgálhatnak részletesen – ezúttal felülről, Mars körüli pályáról. A legújabb amerikai szonda sorra szállítja az érdekes felvételeket. A Viking–1 leszálló egysége 1976. július 20-án landolt a vörös bolygón. A mostani, több mint 30 év elteltével készült felvételeken a szonda, a különvált hővédő pajzs és a borítás is kivehető. A legmeglepőbb, hogy még az ejtőernyő nyomát is felismerni vélük. Az ezen a képen látható leszálló egység mintegy 3 méteres átmérőjű, s a helyszín azonosításához felhasználták a Viking–1 adataiból annak idején készített felszínmodellt is. A kép november 22-én készült.

A Viking-2 (1976. szeptember 3.) leszállóhelye különösen érdekes a NASA számára, mivel a legjobban hasonlít a jövő nyáron induló Phoenix szonda célterületeihez. A november 21-i felvételt – a többivel együtt – arra használják, hogy a felszíni alakzatok pontos ismeretében meg tudják ítélni a HiRISE kamera teljesítményét, a Mars körüli pályáról még kivehető felszíni alakzatok méretét. Ez az információ a későbbi leszállóhelyek kijelölésekor lesz hasznos.

Villám-világtérkép. A trópusi esőket kutató, amerikai-japán együttműködésben készült TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) műhold 1997-ban indult. Mérései alapján elkészítettek egy térképet, amelyen bolygónk leghevesebb zivatarainak előfordulási helyei azonosíthatók. A kutatáshoz 1998 és 2004 között gyűjtött adatokat használtak.

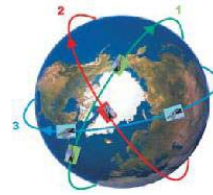
Kiderült, hogy a legerősebb zivatarok Dél-Amerikában, az Andok hegység keleti oldalán fordulnak elő, ahol az óceán felől érkező meleg, nedves légáramlatok gyakran találkoznak a száraz, hideg levegőtömekkel. Meglepő módon néhány félsivatagos terület, mint a Szahara déli pereme, Észak-Ausztrália és az indiai szubkontinens egyes vidékei szintén heves zivataroknak vannak kitéve. Ezzel szemben a csapadékos éghajlatú területeken (Amazóniában, Délkelet-Ázsiában, Indonéziában) gyakran vannak ugyan zivatarok, de viszonylag kevés közülük az igazán erőteljes. A TRMM különböző műszerei a zivatartevékenység más-más jellemzőit mérik. A mostani eredményeket a radarvisszhangok magasságára, a hőmérsékletre, a villámlások gyakoriságára vonatkozó megfigyelésekből „keverték ki”. Bebizonyosodott, hogy általában nem a legnagyobb esőzésekkel jár együtt a legintenzívebb zivatar. A leghevesebb viharok jellemzően a szárazföldek, és nem az óceánok felett fordulnak elő. A TRMM üzembe állása előtt, földi eszközökkel csak egyedi viharokat lehetett tanulmányozni, időjárási radarberendezések, villámfigyelő hálózatok híján azokat sem a Föld teljes felszínén. A folytatódó mérések alapján a számítógépes időjárási modellek finomítása is lehetővé válhat.



Malajziai műhold indult. Orosz Proton hordozórakéta állította pályára december 12-én a MEASAT–3 távközlési mesterséges holdat. Az űreszköz az Egyenlítő fölé, a 91,5° keleti hosszúságnál levő geostacionárius pozíció felé vette az irányt. A MEASAT–3 két, már működő társához csatlakozik, pozíciója megegyezik az 1996-ban indított MEASAT–1-ével. Tervezett élettartama 15 év. A kommunikációs berendezések (24 C-sávú és ugyanennyi Ku-sávú transzponder) segítségével Kelet-Európától Ausztráliáig több mint száz ország érhető el

februártól. Távközlési szolgáltatásait főleg az ázsiai országokban lakók veszik majd igénybe. A MEASAT-3 által lefedett térségben él az emberiség 70%-a. A most felbocsátott holdat a Boeing építette. A malajziai MEASAT cégnek jelenleg még két újabb mesterséges holdja készül.

Német radaros kéműhold. A SAR-Lupe-1, egy öttagú műhold-sorozat első darabja, orosz hordozórakétával indult. A Kozmosz-3M rakéta az észak-oroszországi Pleszeckből startolt december 19-én. A hold neve beszédes: Lupe németül nagyítót jelent, SAR az apertúra-szintézis-radar angol rövidítése (*Synthetic Aperture Radar*). Ez az első német felderítő mesterséges hold. Nagyfelbontású képei sötétben és borult időben is használhatók, hiszen a rádióhullámok áthatolnak a felhőzetben. A radarképek felbontása 1 m-esnél is jobb lesz. A német szövetségi védelmi minisztérium megrendelésére készülő rendszer 5 azonos mesterséges holdból áll majd, lehetővé téve a földfelszín megfigyelését a nap 24 órájában. A további indítások 4-6 havonta követik egymást, 2008 végére teljessé téve a konstellációt. A műholdak 500 km magas poláris pályákon, három pályasíkban keringenek majd. A $4 \times 3 \times 2$ m-es, 770 kg tömegű űreszközöket 10 éves élettartamúra tervezték. A SAR-Lupe program része annak a négy éve kötött német-francia megállapodásnak, amelynek keretében a két ország egymás rendelkezésére bocsátja műholdas felderítési adatait. A franciák a Helios-II optikai és infravörös képeit adják a közösbe.



Elindult a COROT. A Bajkonurból startolt francia csillagászati mesterséges hold tudományos programjában magyar kutatók is részt vesznek. A COROT (*Convection Rotation and planetary Transits*) francia vezetéssel, nemzetközi részvétellel készült űrcsillagászati program. A sikeres startra a „szokásos” halasztások után december 27-én került sor Bajkonurból, Szojuz-Fregat hordozórakétával. (Ez volt az idei 63., s egyben az utolsó űreszköz-indítás a Földről.)

A COROT programot eredetileg a CNES francia űrügynökség kezdeményezte 1993-ban. Az akkor megfogalmazott cél a csillagok apró fényességváltozásainak kutatása, a csillagok belső szerkezetének és fejlődésének jobb megismerése volt. Röviddel az első exobolygó 1995-ös felfedezése után merült fel az idegen csillagok körüli bolygók keresése, mint másik tudományos cél. Az újrafogalmazott javaslatot a CNES 1998-ban fogadta el. Az európai partnerek 1999-től folyamatosan kapcsolódtak be. Műszerépítéssel részt vesz a COROT-ban az Európai Űrügynökség (ESA), Ausztria, Belgium, Németország, Spanyolország és Brazília. Emellett az ESA tagországainak számos csillagászati intézménye csatlakozott a kutatáshoz.

A COROT egy 30 cm-es átmérőjű távcsővel a fedélzetén poláris körpályára áll. Kettős tudományos célja más csillagok körül keringő bolygók felfedezése, valamint a csillagok fényességváltozásainak vizsgálata. A csillagrezgések vizsgálatában, az asztroszeizmológiai kutatásokban az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetének munkatársai is részt vesznek, az ESA-hoz való előcsatlakozási egyezményünk (PECS) keretében kapott támogatással. Az űrprogramot megalapozó megfigyeléseik során a kijelölt égboltterületeken szóba jöhető célpontokat vizsgáltak. Sok más európai csillagásszal együtt immár várják a COROT űrtávcső adatait is. A fedélzeti berendezések tesztelése után, februárban vagy márciusban kezdődhet a két és fél évesre tervezett tudományos munka.

A Magyar Asztronautikai Társaság 2006. évi tevékenységét bemutató beszámoló

Összeállította: Bán András

50 éves a Magyar Asztronautikai Társaság

A jubileumra ünnepi közgyűlésen emlékeztek **2006. december 8-án** Budapesten, a Jövő Házában. 1957. október 4-én indult útjára a Szputnyik-1, bolygónk első mesterséges holdja. Magyarországon azonban már bő egy évvel korábban, 1956. május 26-án megalakult az első hazai űrkutatási szakmai szervezet, az *Asztronautikai Bizottság*. A *Magyar Asztronautikai Társaság* (MANT) ma ennek a szervezetnek a jogutódja, így az egyesület idén ünnepelhette fennállásának 50. évfordulóját. A jubileum alkalmából a Jövő Házában tartottak emlékülést, melyet a MANT frissen megválasztott elnöke, *dr. Horváth András* vezetett le. Kiosztották az egyesület díjait, melyek közül a *Fonó Albert-emlékérmét* – mely életműdíj – a jubileumra való tekintettel ketten is megkaphatták. **Dr. Magyarai Bélát** aligha kell bemutatnunk tagságunknak, hiszen kiképzett űrhajósként Farkas Bertalan tartaléka volt Csillagvárosban a szovjet-magyar űrrepülés során. Magyarai Béla mélyen elkötelezett az ifjúság körében végzett ismeretterjesztői-népszerűsítői feladat ellátásában, sokáig alelnöke, 2001-2006 között pedig elnöke volt a MANT-nak. Számos társszervezettel és társintézménnyel együttműködve gyümölcsöztette szakmai és személyes kapcsolatait – legelsősorban a magyar asztronautika javára. **Dr. Szabó József** szintén a *Fonó Albert-emlékérmét* vehette át. Az 1970-es évek második felétől a magyar űrrepülés előkészítésének és a tudományos program kidolgozásának vezetője volt katonai vonalon. Jelentős érdeme van abban, hogy a magyar űrrepülés során tartalmas és kiterjedt tudományos programot sikerült végrehajtani. Ez a program máig is meghatározó a magyar űrkutatás számára. A MANT munkájában a közvetlen részvétele is jelentős, akár a pedagógusoknak szervezett ŰRTANítás című előadói ülésekre, akár a legifjabbak részére szervezett űrtáborokra gondolunk.

A *Nagy Ernő-emlékérmét* a Magyar Asztronautikai Társaság érdekében kifejtett kiemelkedő tevékenységéért **Neizer Zita** vehette át. A Társulat magas funkciót betöltő szakemberei között Zita a legfiatalabb. Energikusan látja el az ifjúság körében végzett feladatokat. Elsősorban a magyar űrtáborok megszervezésében és levezetésében aktív, valamint részese a Gemma Űrszimulátor fejlesztésének és működtetésének. A MANT-delegáció vezetőjeként – akár korábban Magyarai Béla – ő is járt a NASA nemzetközi űrtáborában, Huntsville-ben két díjnyertes pályázó kíséretében.

A Társaság legnagyobb kitüntetését, a *Fonó Albert-emlékplakettet* **Dr. Almár Iván**, a MANT örökös, tiszteletbeli elnöke kapta meg. Almár Iván az IAU, a COSPAR, a Planetary Society tagja, a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia rendes tagja, az Űrhajózási Lexikon, az Űrtan főszerkesztője. Számtalan előadás, cikk, könyv szerzőjét sem kell bővebben bemutatnunk tagságunknak.

Fél évszázad összes történetét nem lehet néhány órába sűríteni. De így is tanulságos és érdekes epizódokat hallhattunk *Almár Ivántól* az egyesület múltjából, *Abonyi Ivánnétól* – videofelvételről – a MANT ifjúsági munkájáról, és *Gál Gyulától* az 1983-as budapesti IAF kongresszus emlékezetes pillanatairól. Erre az alkalomra jelent meg *Horvai Ferenc* összeállításában az a könyv, amely a jogelődök történetét mutatja be. Az emlékülés végén az érdeklődők Sik András vezetésével megtekinthették a Jövő Háza űrkutatási és űrhajózási kiállítását.

(Trupka Zoltán)

Szakmai kirándulás a Jövő Házában

A 2006. december 8-án délelőtt lezajlott elnökválasztó, rendkívüli közgyűlésünket követte a MANT, illetve jogelődje megalakulásának 50. évfordulóját megünneplő jubileumi közgyűlés. Ezután Elnökségünk tagja, *Sik András* a Jövő Házában kísérté végig a vendégeket, amely esemény minden korosztálynak emlékezetes élményt nyújtott. A világűrrel kapcsolatos tartalmi elemek kidolgozói Sik András, Both Előd, Frey Sándor és Horvai Ferenc voltak.

Áttekintés

A 2005. december 16-án megnyílt *Jövő Háza* tudományos ismeretterjesztő, oktatási és szórakoztató központot az Informatikai és Hírközlési Minisztérium hozta létre azzal a céllal, hogy a látogatók számára átélhető módon bemutassa a következő évtizedek tudományos-technológiai fejlődésének várható eredményeit, illetve azok hatását a hétköznapi élet különböző területeire. A 3000 négyzetméteres állandó kiállítás számos érdekes és izgalmas témakört mutat be interaktív eszközök segítségével, amelyek közül több is szoros kapcsolatban áll kozmikus környezetünk megismerésével, valamint az űrtevékenység gyakorlati alkalmazásaival. A Jövő Háza és a mellette működő, megújult *Csodák Palotája* nem csak egyénileg vagy családosan látogatható, hanem iskolai osztályok számára is nyitva áll. Így a diákok szervezett módon járhatják végig a különböző kiállításokat, valamint azokhoz kapcsolódó tanórákon vehetnek részt a korszerű oktatási módszereket alkalmazó Jövő Iskolájában.

A világűrrel kapcsolatos tartalmi elemek bemutatása

Űrkutatás a mindennapokban. Az installáció bemutatja az emberi űrtevékenység feladatait, különböző berendezéseit és tömegesen elérhető gyakorlati alkalmazásait, amelyek az elmúlt évtizedekben észrevétlenül váltak hétköznapijaink fontos részévé, így az élet jelenleg szinte már elképzelhetetlen lenne nélkülük. Emellett különlegesen látványos megjelenítési módszerekkel szemlélteti, hogy a Föld körül keringő műholdaknak köszönhetően milyen típusú adatokat szerezhetünk saját bolygónkról, valamint hogy a technológiai fejlődésnek köszönhetően milyen eszközökkel zajlik a világűr kutatása.

Mars-expedíció. A XXI. század első felében valószínűleg sikerül majd űrhajósokat juttatni a Mars felszínére, s ezt követően akár már néhány évtizeden belül tömegessé válhat a bolygóközi utazás. Így az emberek a jövőben szinte ugyanolyan kényelmes körülmények között tartózkodnak majd a világűrben, mint jelenleg az autókban, a repülőgépekben vagy bárhol a Föld szilárd felszínén. Ennek azonban fontos feltétele az űrlift-rendszer és egy ahhoz kapcsolódó, nagyméretű állandó űrállomás, egy megfelelő méretű űrhajó, valamint legalább egy folyamatosan működő Mars-bázis létrehozása, amelyekkel kapcsolatban már jelenleg is számos műszaki elképzelés létezik. Az installáció azt mutatja be, hogy a XXI. század közepén milyen körülmények között zajlik majd a tömeges bolygóközi közlekedés. A látogatók mozgó vetítőteremben ülve csoportosan élhetnek át egy térhatású szimulációt, amelyben az űrlift-rendszer egyik kabinjában elhagyják a Földet, majd hozzákapcsolódva egy űrhajóhoz, kezdetét veszi kalandos utazásuk a Mars távoli felszínén működő bázis felé.

Mars-bázis. Az installáció a vörös bolygó kutatásának eredményeit és megismerésének jövőbeli lépéseit foglalja össze. Központi eleme egy marsi tájképhez hasonló terepasztalon működő és a látogatók által irányítható Mars-rover, amely az amerikai Spirit illetve Opportunity járművek valóságghű, eredeti méretben elkészített másolata. Emellett számos további témakör kerül bemutatásra változatos, részben interaktív eszközökkel: az égitest fejlődéstörténete, felszíni képe, a Mars-kutató űrszondák típusai, legújabb felfedezései

illetve a következő évtizedekben indítandó berendezések tudományos feladatai, valamint a földtől független élet megjelenésének lehetőségei és az emberes utazás technikai megoldásai. **Bolygók útja.** A Nap körül keringő testek rendkívül messze vannak csillagunktól, saját átmérőjük pedig szinte elhanyagolható a közöttük lévő távolságokhoz képest – amit általában igen nehéz a valóságnak megfelelően elképzelni. A Millenáris Parkban található szabadtéri installáció szemléletesen ábrázolja legszűkebb kozmikus környezetünk égitestjeinek egymáshoz viszonyított méretét és egymástól számított távolságát, s közben interaktív kezelőfelületeken, látványos ábrákkal és mozgó animációkkal mutatja be azok legfontosabb tulajdonságait.

Csillagvizsgáló. A Millenáris Parkban kialakított obszervatórium távirányítással működtethető távcsővével látványos felvételek készíthetők a Holdról, a Naprendszer bolygóiról és más égi objektumokról is, a naptávcső pedig központi csillagunk megfigyelését teszi lehetővé. Az így látható képeket azonban nem a csillagvizsgáló kupolájában, hanem az Űrkutatás a mindennapokban elnevezésű installációban lehet megtekinteni, megfelelő észlelési viszonyok esetén a Jövő Háza nyitvatartási ideje alatt folyamatosan.

Helyszín: Millenáris Park (1024 Budapest, Fény utca 20-22.)

A XXV. Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szeminárium

2006. november 6-8. között szervezte meg Sopronban az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben a MANT, valamint a Magyar Űrkutatási Iroda és az érdekelt intézmények a jubileumi, XXV. Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szemináriumot. Ez a szeminárium-sorozat a leghosszabb a MANT által gondozott rendezvények közül. A Szeminárium központi témája ezúttal a Nemzetközi Heliofizikai Év (IHY) 2007, a Nemzetközi Geofizikai Év (IGY) 50. évfordulója, a Planet Earth nemzetközi programokhoz történő hozzájárulás volt. A szemináriumon 37-en vettek részt 10 intézmény képviselőiben. Az elhangzott előadások száma 27 volt, amelyeknek tárgya a helioszférától a klímaváltozásig terjedt. Tájékoztatás hangzott el a Nemzetközi Heliofizikai Év-ről (IHY), a helioszféra szerkezetéről, a Naprendszer mágneses terének változásáról, napfoltok és szoláris sebességterek kapcsolatáról, a Föld plazmakörnyezetének kutatásában elért újabb eredményekről, turbulens dinamikai folyamatok vizsgálatáról a Föld körüli térségben, hot flow anomáliák globális tulajdonságairól. Előadások hangzottak el Nap-Föld kölcsönhatásokkal kapcsolatos plazmamérések szimulációjáról, a napszél mágneses terének korrelációs függvényeiről, ionok szóródásáról a lökéshullám előtti térségben, valamint a paleomagnetoszférák magnetohidrodinamikai modellezéséről. A továbbiakban szó volt a naptevékenység előrejelezhetőségéről, a naptevékenység és az űrklíma kapcsolatáról, a műholdas rövidtávú időjárás-előrejelzés lehetőségeiről, rövid nagy amplitúdójú mágneses struktúrák vizsgálatáról a Szaturnusznál, a jégholdak aktivitásáról, az MM 100 geomágneses pulzációk észlelésére szolgáló nemzetközi meridionális állomáslánchról. Hallhattunk egy új whistler inverziós modellről, automatikus whistler detektorról, anomalisztikus whistlerek vizsgálatáról, a föld-ionoszféra üregrezonátor és a globális zivartartévkénység nappali-éjszakai aszimmetriájáról, ennek az aszimmetriának SR tranziensek segítségével történő vizsgálatáról, a semleges sűrűségben mutatkozó, feltételezhetően meteorit eredetű, nagy amplitúdójú hullámokról, ürdozimetriai mérésekről szilícium detektoros teleszkóppal, valamint a Pille dózismérő rendszerrel.

A következő Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szemináriumra remélhetőleg 2008-ban kerülhet sor.

(Bencze Pál, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron)

Űrkutatás és környezetvédelem – Űrnap 2006

Az elmúlt néhány hónap eseményeire visszatekintve hazánkban is számos példa akadt, amikor a hatékony és folyamatos földmegfigyelés, időjárás-előrejelzés és katasztrófa-megelőzés kulcsfontosságú szerepet játszott a mindennapokban. Mivel aktív űrtevékenység nélkül ez ma már lehetetlen lenne, többek között e témát feldolgozva tartották meg november 9-én az idei Űrnapot.

GPS és meteorológia

„Az űrtevékenység ma már kutatás helyett iparrá, a mindennapi életünk részévé nőtte ki magát” – hangzott el *Kovács Kálmán* környezetvédelmi és vízügyi államtitkár megnyitó beszédében, amely *Almár Iván* (Űrkutatási Tudományos Tanács, Magyar Asztronautikai Társaság) köszöntőjét követte. Az Űrnap 2006, a Magyar Űrkutatási Iroda (MŰI) és a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) közös szervezésében zajló egynapos rendezvényének ez alkalommal a Jövő Háza adott helyet, fő témái pedig a magyar űrtevékenység legújabb eredményeinek bemutatása mellett a mindennapi alkalmazások, főképp a környezet-megfigyelés, a katasztrófa-előrejelzés és a környezetvédelmi alkalmazások voltak.

Környezeti változások követése

Az űrtevékenység mindennapi alkalmazásainak két legkiemeltebb területe a globális helymeghatározás és a környezetkutatás, amelyekkel az idei összejövétel több előadása is foglalkozott. A környezet-megfigyelés legjelentősebb programja az Európa Tanács által megfogalmazott célkitűzés, a Globális Környezeti és Biztonsági Monitoring Program (GMES, *Global Monitoring for Environment Services*) megvalósítása, amely a környezetvédelmi és biztonsági célú műholdas távérzékelési programokat fogná össze Európában. Ez elsősorban egy eszköztár és tudásbázis kiépítését jelenti, valamint egy szolgáltatási rendszer létrehozásából áll, amely a föld- és a tengerfelszín folyamatos megfigyelésével és elemzésével a katasztrófavédelmet is elősegítené. A felszínborítottság vizsgálatához korábban hazánkban a CORINE adatbázis létrehozásával járultak hozzá a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) szakemberei – említette előadásában *Büttner György*, a FÖMI Környezetvédelmi Távérzékelési Osztályának vezetője. A GMES rendszerek az űrtechnika eszközeit felszíni adatokkal és légi megfigyeléssel egybevetve hoznak létre információs adatbázist, amely segítségével a felszínborítottság változását elemezve például városok növekedését, mezőgazdasági területek fejlődését, valamint a gyors és kiterjedt környezeti változásokat is nyomon lehet követni.

Időjárás- és a katasztrófa-előrejelzés

A Föld megfigyeléséhez közvetlenül kapcsolódik az időjárás-előrejelzés és a katasztrófa-előrejelzés. Az elmúlt hónapok tapasztalatai alapján ez hazánkban is aktuális kérdéssé vált – legutóbbi példa erre az augusztus 20-án Budapesten áthaladó szupercella, amely tragikus eseménybe fordította az ünnepi tűzijátékot. *Dr. Mika János*, az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársa előadásában bemutatta, amint a meteorológiai felvételeken nyomon követhető volt a vihar kialakulása és áthaladása a város felett. A klímaváltozás következtében azonban új és korábban teljesen szokatlan időjárási jelenségeket figyelnek meg a szakemberek. Erre példaként egy, a világűrből készített felvételt mutatott be, amely a trópusi hurrikánokhoz nagyon hasonló, ám magasabb szélességi körök mentén kialakult felhő-

strukturúrát ábrázolt. Globális szinten is egyre jelentősebb a lakosság az extrém időjárásnak kitett területeken. A megfigyelés és pontos előrejelzés hiányában a Katrina-hurrikánhoz hasonló katasztrófák bekövetkezésének a jövőben is jelentős lenne a veszélye. A gyorsan kialakuló és lecsapó időjárási eseményeket csak az űreszközök, valamint földi megfigyelések együttes alkalmazásával nyílik lehetőség megismerni és megpróbálni előre jelezni. Az időjárást azonban még a legpontosabb előrejelzés sem képes megváltoztatni, és sokszor nincs idő a kellő felkészülésre, így a katasztrófák bekövetkeznek. Az űrtevékenység nagy területeket átfogó naprakész felvételek segítségével teszi lehetővé a károk gyors felmérését és a mentő és helyreállítási munkálatok megszervezését. Az űrtevékenységre támaszkodó katasztrófa-előrejelzés fontos hazai alkalmazása az árvizek előrejelzése. A veszélynek kitett területek folyamatos megfigyelésére az űrtechnika kínál megbízható megoldást – emelte ki előadásában *Dr. Ferencz Csaba*, az ELTE Geofizikai Tanszék Űrkutató Csoportjának vezetője. Ugyan nem űrfelvételek, de a magasból készített légifelvételek kisebb területeken, helyi és aktuális környezetvédelmi problémák felismerésére is alkalmazhatóak. Erre mutatott be példát előadásában *Dr. Mucsi László*, a Szegedi Tudományegyetem oktatási dékánhelyettese, amint hőkamerás légifelvételekkel olajvezetékek állapotát vizsgálták. A felvételek segítségével azonosíthatók a Szeged környezetében húzódó olajvezetékek gyenge pontjai, illetve egy esetleges csővezeték-lyukadás során is hatékonyan és gyorsan meghatározható akár egy-egy lokális környezeti katasztrófához vezető esemény is.

Díjak, elismerések

Az Űrnap rendezvényén az előadások mellett díjak kiosztására is sor került. A MANT a *Magyar Asztronautikai Társaságért oklevéllel* ismerte el *Dr. Kővágó Csaba* Phd-hallgatónak több éves ifjúsági munkáját és az űrtáborok szervezésében való aktív részvételét, *Dr. Hudoba Györgynek* többek között a Hunveyor-4 egyetemi gyakorló űrszondák megépítésében játszott fontos szerepét, valamint *Dr. Hegyi Sándor* munkásságát, aminek révén a Pécsi Tudományegyetem informatika és általános technika karán bevezették az űrtudományok tanítását. Mivel a MANT idén ünnepli megalakulásának 50. évfordulóját, a szokásos Fonó Albert- és Nagy Ernő-díjak kiadására akkor kerül sor.

A MŰI a *Magyar Űrkutatásért oklevéllel* azon kutatók munkáját ismeri el, akik egy nagyobb csoport részeként a háttérből segítik a részvételt különböző űrprogramokban. Ez alkalommal a Venus Express ESA-küldetésben való résztvevőknek osztottak ki díjakat, *Balajthy Kálmán*, *Gödri Botond*, *Peske Jánosné*, *Sulyán János*, *Szalai Lajos* és *Vizi Pál Gábor* részére, akik az ASPERA-4 műszer fejlesztésében vettek részt.

A magyar űrtevékenység

Az Űrnap hagyományos programjának részeként a MŰI igazgatója, *Dr. Both Előd* áttekintést adott a magyar űrtevékenység elmúlt évi eseményeiről, többek között az irodát érintő szervezeti változásokról is. A korábban az Informatikai és Hírközlési Minisztériumhoz tartozó MŰI ugyanis annak megszűnésével ez év augusztus 1-je óta a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumhoz tartozik. Leépítések következtében pedig sajnálatos módon munkatársai állományát is kénytelen volt 40%-kal csökkenteni. Mindennek ellenére eseménydús évet tud maga mögött a magyar űrtevékenység. A MŰI igazgatóját két évre az ENSZ Világűrbizottságának első alelnökévé választották. Az ESA támogatásával a MŰI magyar nyelven adta ki a korábban csupán németül megjelent Iskolai Úratlaszt, amely a legfrissebb űrfelvételek segítségével mutatja be a környezetünket. Kiegészítő füzetként hamarosan megjelenik egy a hazánk földrajzát szintén űrfelvételek alapján bemutató kötet. Idén először magyar fiatalok is részt vettek az ESA parabolarepülési kampányában, és

néhány hazai egyetem is bekapcsolódott az ESA SSETI programjába, amelynek keretében egy diákok által tervezett kisméretű műholdra három műszert készítenek el. Sajnos a számos futó program kinőtte az Európai Űrügynökséghez együttműködő államként (*Plan for European Cooperating States*, PECS) befizetett és visszapályázható keretösszeget – mondta el Both Előd. Ez azt jelenti, hogy az SSETI programban résztvevő diákok műszerépítésére és esetleges újabb programokra ebből a keretből már aligha futja.

Résztétel az európai űrprogramban

Az Űrnap másik fontos témája az Európai Űrügynökség (ESA) SURE (*International Space Station: a Unique Research Infrastructure*) programjában való sikeres hazai résztétel. Az ESA által meghirdetett pályázati program kutatóhelyek és cégek számára nyújt lehetőséget, hogy kísérleti berendezést juttassanak fel a Nemzetközi Űrállomásra. A 11 nyertes közül 4 magyar pályázat, a csoportok vezetői: *Balázs László* (MTA Pszichológiai Intézet), *Bérces Attila* (MTA Semmelweis Egyetem Biofizikai Kutatócsoport), *Pázmándi Tamás*, (MTA Központi Fizikai Kutatóintézet, Atomenergia Kutatóintézet) és *Bárczy Pál* (Admatis Kft). Ezt a jelentős hazai sikert megnyitó beszédében Kovács Kálmán államtitkár is kiemelte, azt hangsúlyozva, milyen fontos, hogy Magyarország kivegye a maga részét az űrkutatás gyorsan fejlődő ágazataiból, hiszen ezek a befektetések többszörösen térülnek meg az országnak. Ehhez kapcsolódóan *Marc Heppener*, a ESA SURE programjának koordinátora is hazánkba látogatott, és angol nyelvű előadást tartott az Űrnapon. A még mindig építés alatt álló Nemzetközi Űrállomás jelentős lehetőségeket nyújt a mikrogravitációs kutatások széles spektrumának: orvosbiológiai, anyagtudományi és egyéb, például a világűr sugárzási hatásait vizsgáló kísérleteknek. A cél az, hogy minél jobban és hatékonyabban kihasználják az űrállomás adta lehetőségeket. Marc Heppener, az Űrnap külföldi vendégelőadója büszkén emelte ki előadásában, hogy az űrállomás tudományos és kísérleti felhasználásában Európáé a vezető szerep, amelyhez jelentősen hozzájárul majd az európai fejlesztésű kutatómodul, a Columbus is.

A magyar űrkutatás másik, régóta tartó sikertörténete a sugárzásmérés és dozimetria, amellyel kapcsolatban a Központi Fizikai Kutatóintézet Atomenergia Kutatóintézetében folynak fejlesztések. Erről tartott áttekintő és háttérismereteket is bemutató előadást *Apáthy István*, a Pille sugárzásmérő eszközt fejlesztő csoport vezetője. Nemzetközi kapcsolatok tekintetében az elmúlt év legfontosabb eseménye az, hogy a miniszterelnök jóváhagyta hazánkban az Európai Űrügynökséghez való csatlakozását, és határozatban adott felhatalmazást az ESA-csatlakozási tárgyalások megkezdésére. Az űrkutatás létjogosultsága Magyarországon ma már nem kérdéses, hiszen a fenti számos példa is alátámasztja, hogy az űrtevékenység egyik legfontosabb érdeme a mindennapi életünkhöz való hozzájárulás, amely a saját, mesterséges környezetünk által okozott környezeti és időjárási változások megfigyeléséhez, a környezeti katasztrófák megelőzéséhez és az esetleges vészhelyzetek kezeléséhez nyújt hatékony segítséget.

([origo] hírportál – Csengeri Timea)

Ifjúsági Fórum – 2006

2006. december 1-jén, az ENSZ Világűrhet rendezvénysorozat részeként rendezte a MŰI és a MANT – közös szervezésben – az immár hagyományossá vált nagy, éves ifjúsági rendezvényt, a *VI. Ifjúsági Fórumot*. A helyszín ezúttal a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) székházának (Bp. I., Fő u. 44-50.) földszinti előadó- és kiállítóterme, a Zöld Galéria volt, ami egyben utalás is arra, hogy a magyar űrkutatást felügyelő minisztérium augusztus 1. óta a KvVM. Az eseményen a fórum jellegének megfelelően azok vettek részt, akik komoly eredményeket értek el az elmúlt év során az űrkutatás területén, de természetesen az érdeklődők éppúgy jelen voltak.

A megjelenteket *Dr. Almár Iván*, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke, egyben az Űrkutatási Tudományos Tanács elnöke köszöntötte. Ezt követően *Dr. Both Előd*, a MŰI igazgatója nyitotta meg a rendezvényt. Az előadások a következőképp alakultak:

- *Csengeri Timea*: Magyar részvétel az ESA SSETI programjában
- *Horvai Ferenc*: Az elmúlt év ifjúsági sikerei – pályázati lehetőségek Magyarországon és a világban
- *Játékos Balázs, Kocsis Gábor*: Műholdat építünk – az SSETI ESEO műhold műszereinek készítése
- *Sódorné Bognár Zsófia*: Magyar részvétel a COROT űrtávcső programjában
- *Sódor Bálint*: A Rosetta Lander szimulátor
- *Dianiska Balázs*: Lebegés háromezer méteren
- *Kern Anikó*: A hét műholdképe
- *Botos István Csaba*: Az Alpbaçi Nyári Iskola
- *Bacsárdi László, Csengeri Timea*: Űrkongresszus Valenciában

A rendezvény az Ifjúsági Fórumok sorozatának egyik legjobban sikerült állomása volt, köszönhetően elsősorban annak a rengeteg, nemzetközileg is jelentős diáksikernek, melyekről az érintettek „első kézből” számolhattak be. Mint emlékeztető, a MANT 1999 óta rendez Ifjúsági Fórumot. A MŰI-vel közös szervezésű rendezvényre 2001 óta kerül sor. Azóta egyre inkább előtérbe kerül az az elv, hogy a hallgatók, fiatal kutatók saját eredményeiket mutassák be egymásnak.

(Horvai Ferenc)

Az emberek közelebb kerültek a világűrhez

2006. október 2-6. között rendezték meg az *57. Nemzetközi Asztronautikai Kongresszust*. Az egy hétig tartó konferencián az űrkutatás minden területe szóba került, és a jelenlévő űrügynökségek vezetői mind egyetértettek abban, hogy nemzetközi együttműködés szükséges az űrtevékenységhez.

A Nemzetközi Asztronautikai Szövetség (*IAF, International Astronautic Federation*), a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (*IAA, International Academy of Astronautics*) és a Nemzetközi Űrjogintézet (*International Institute of Space Law*) ez évi kongresszusára a spanyolországi Valenciában került sor. A konferencia az év legnagyobb űrkutatási összejövedele, amelyen az űrkutatással foglalkozó legkülönbözőbb területekről esik szó. Az öt nap alatt közel ezernégyszáz előadást hallhattak a résztvevők, mindezt 12 plenáris és 121 szekciórészen a kongresszus idei jelszavának – „Közelítsük az űrt az emberekhez” (*Bringing*

Space Closer to People) – jegyében. Helyszínül Valencia új városrésze szolgált, a „La Ciudad” (*Ciudad de las Artes y las Ciencias*) (A tudományok városa) modern épületegyüttese. A hétfői megnyitó ünnepség után az európai (ESA), az amerikai (NASA), a kanadai (CSA), az indiai (ISA), a kínai (CNSA), a japán (JAXA) és az orosz űrügynökség vezetői számoltak be az elmúlt év eredményeiről és a következő néhány év terveiről. Mindegyikük egyetértett abban, hogy csak nemzetközi összefogással lehet jelentős eredményeket elérni a világűr kutatásában. *Jean-Jacques Dordain*, az ESA igazgatója kiemelte, hogy az űr kockázatos vállalkozás, és ők igazából nem foglalkoznak mással, mint a kockázat kezelésével. Ehhez viszont a legjobbakra van szüksége az ESA-nak, nemcsak mérnökökből és fizikusokból, hanem biológusokból, tanárokból, ügyvédekben. A legjobb szakértők pedig a mostani fiatalokból lesznek. *Michael Griffin* NASA-igazgató tréfásan az elmúlt év legnagyobb eredményének azt tartotta, hogy semmit sem változtattak meg [kívülről] a NASA-ban. *Viendra Jha*, a CSA alelnöke a jövőbeli irányok közé a műholdas kommunikációt, a RADARSAT programot és az űrrobotokat sorolta. *G. Madhavan Nair*, az ISO elnöke bejelentette, hogy szeretnének saját erőből embert küldeni a világűrbe, de ehhez még sokat kell egyeztetniük a kormánnyal. *Keiji Tachikawa* JAXA-vezető a biztonság és társadalom igényeinek kielégítését emelte ki Japán tervei közül. *Sun Lawjan*, a CNSA irányítója Kína kulcsfontosságú tervei között az alábbiakat említette: emberes űrprogram, a Hold felfedezése, nagyfelbontású földmegfigyelő rendszer, új műholdas navigációs rendszer, valamint új generációs indítóeszközök. *Anatolij N. Perminov* Oroszország és az ESA együttműködését emelte ki; szerinte a nemzetközi kooperáció elengedhetetlen ahhoz, hogy 2025-2030 között interplanetáris emberes űrrepülést hajthasson végre az emberiség.

A tavalyi kongresszuson megalakult az Nemzetközi Űr oktatási Testület (*International Space Educational Board*), amelyben jelenleg az ESA, NASA, CSA és JAXA képviselteti magát, és azon dolgoznak, hogy összehangolják az oktatással, a fiatalok képzésével kapcsolatos tevékenységeiket, és közös programokat kínálnak mind a fiataloknak, mind az őket nevelő tanároknak.

Nehéz válogatni a hét során elhangzott előadásokból. A SETI program iránt érdeklődőknek álljanak itt *Seth Shostak*nak, a SETI Intézet egyik vezetőjének szavai: „A földön kívüli értelmes élet keresése 1960-ban indult el. De ha nem találunk értelmes intelligenciát, az nem azt jelenti, hogy nincsen, hanem csak azt, hogy rosszak a módszereink. De bízom benne, hogy a következő húsz év során téma lehet ezen az intelligens értelem megtalálása ezen a kongresszuson.”

A pénteki nap délutáni része a nagyközönség számára is nyitott volt, a legutolsó előadás pedig igen különleges volt: az ESA hat űrhajósa beszélt az űrhajózással kapcsolatos tapasztalatairól és az űrügynökség következő évekbeli terveiről. Az ESA Kanadával együtt 1986-ban csatlakozott az ISS-programhoz, s habár az elmúlt öt évben csak nyolc űrhajóst küldött az ISS fedélzetére, a következő egyetlen év során négy európai űrhajós fog a világűrben dolgozni. *Thomas Reiter* űrhajós, aki jelenleg is az Astrolab misszió keretében a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén tartózkodik, videóüzenet segítségével tolmácsolta saját és az űrállomáson lévő két űrhajóstársa üzenetét. Az ülés végén az első kínai űrhajós is szólásra emelkedett, és megerősítette Kína világűr kutatásra irányuló békés szándékát. Ő 2003 októberében repült, 2005 őszén két társa látogatta meg a világűrt. Tovább folytatják az űrprogramot, és nem zárkóztak el egy közös ESA-NASA-kínai repülés gondolatától sem.

„A legfontosabb kérdések, amelyek foglalkoztatnak minket, azok a következők: honnan jöttünk? – mi fog velünk történni a jövőben? – egyedül vagyunk-e a Világegyetemben?” – mondta *Claude Nicollier* űrhajós. Az ESA legfontosabb missziói emiatt a következő 50 évben: a Nap-Föld L2, a Hold, a Föld-közel objektumok és a Mars kutatása. „Készülünk a jövőre, a gyermekeinkért, akik itt ülnek velünk” – mondta *Michel Tognini* űrhajós. *Andres Ripoll*, az Európai Űrhajósközpont (*EAC, European Astronaut Centre*) egykori elnöke

megegerősítette: „El fogunk jutni a Marsra, ebben biztos vagyok. S azok a gyerekek, akik ebben a teremben ülnek, lehetnek a jövő Mars-űrhajósai.”

Az Európai Űrügynökség 1999 óta támogatja fiatal hallgatók (egyetemisták, doktoranduszok) részvételét ezen a kongresszuson. Minden évben több száz pályázóból választják ki azt a 70-100 embert, akik elnyerhetik ezt a támogatást. Ebben az évben négy magyar diák is elnyerte ezt a lehetőséget: *Bacsárdi László* (BME), *Csengeri Timea* (ELTE), *Hirn Attila* (BME), *Krista Larisza* (ELTE). Az általuk tartott előadások címei sorrendben: *Satellite Communication Over Quantum Channel*, *Ethel Footprints on Cosmic Bodies – How Human Impact Affects the Cosmic Environment*, *3D Silicon Detector Telescope for Determining the Equivalent Dose of Astronauts* (poszter). (K.L. nem tartott előadást.)

A konferencián több külföldön élő magyarral is összefutottunk, álljon hát itt a teljes magyar névsor (legalábbis akikről biztosan tudjuk, hogy ott voltak): *Almár Iván*, *Bacsárdi László*, *Bertényi Elemér* (Kanada), *Bálint S. Tibor* (USA), *Csengeri Timea*, *Hirn Attila*, *Krista Larisza*, *Mihálka György*, *Pacher Tibor* (Németország), *Szalai Sándor*, *Troznai Gábor*.

A konferenciát jövőre szeptember 24-28. között Hyderabadban, Indiában rendezik majd.

(*Bacsárdi László*)

A kongresszuson szerepelt előadások közül kettőnek a magyar nyelvű kivonatát az alábbiakban közöljük.

Műholdas kommunikáció kvantumcsatorna segítségével (Bacsárdi László)

Az 1980-as évek közepétől folynak olyan kutatások, amelyek a kvantummechanikát és az informatikát próbálják közös nevezőre hozni [1]. A digitális világban az információkat nullás és egyes jelek sorozatában, azaz bitekben tároljuk. A hagyományos számítástechnika makroszkopikus szinten működik, és a klasszikus fizika törvényei a mérvadóak – ezzel szakít a kvantuminformatica. 1985-ben David Deutsch bemutatta egy, a kvantumelmélet törvényei szerint működő kvantumszámítógép tervét. Az informatika új ágának alapkövéül szolgáló kvantumbitet (ún. qbitet) két fő módon próbálják előállítani. Egyik lehetőség, hogy a foton polarizációja jelzi a nullás és egyes állapotot, a másik, hogy mindezt az elektron spinje jelenti. Problémák azonban mindkettővel vannak, hiszen a foton nagy távolságok áthidalására alkalmas, az elektron pedig kis távolságok esetén használatos – ez utóbbi a „kvantumszámítógép egy kémcsőben” elképzelés. Jelenlegi tudásunk szerint a kvantuminformaticában az információk másolása nem lehetséges, azaz egy kvantumbitről nem tudunk másolatot készíteni, így nem lehet elektronspin-qbitről foton-qbitre áttérni, így vagy egy nagyon nagy számítógépünk lesz, vagy egy nagyon kicsi, de a kettő között egyelőre nincsen átmenet.

Gyorsaságuk és egyéb tulajdonságaik révén a kvantuminformaticára épülő algoritmusok számos alkalmazásban jelenthetnek előnyt: faktORIZÁCIÓ, titkosítás, stb. A kvantumszámítógép fő előnye hagyományos társához képest, hogy párhuzamosan tudja elvégezni a legkülönbözőbb műveleteket, így egy számítás, amely most 100-150 évig is eltartana, potom 1 másodpercnél időbe kerül ezzel a géppel. Ha elkészül a kvantumszámítógép, akkor a jelenlegi biztonsági kérdéseket újra kell értékelni, ugyanis azon titkosítások, amelyeket ma használunk, azonnal törhetők lesznek – lehetetlenné válik a biztonságos banki tranzakció, a titkosított kommunikáció, lehallgatható lesz bármelyik telefon. De ettől egyelőre még csak elméletben kell tartani, a jelenleg ismert „legnagyobb” kvantumszámítógép tudása a 15-ös

szám felbontásához elegendő. Ugyanakkor nem véletlen, hogy például az amerikai védelmi minisztérium sokat költ kvantuminformatikai fejlesztésekre. A fenti árnnyoldal ellentéte ugyanis az, hogy a kvantumtechnika által megvalósított titkosítás feltörhetetlen, s azonnal észre lehet venni, ha valaki megpróbál belehallgatni egy beszélgetésbe. A gyakorlati alkalmazás hatalmas előrelépést jelenthet a biztonságos kommunikációban, amelyre amúgy is egyre nagyobb igény van.

A műholdas kommunikáció során hatalmas információigény lép fel, ezért érdemes megvizsgálni, hogyan tudnánk használni a kvantumalgoritmusokat ezekben a kommunikációs folyamatokban. Az optikai kábelben megvalósított alkalmazásoktól eltérően ezekben az esetekben egy szabadtéri csatornára van szükség, amelyen keresztül áramlanak az adatok. Ezt a szabadtéri kvantumcsatornát (az angol szakirodalomban free-space quantum channel) számos fizikai tényező befolyásolja. Habár az algoritmusok elméletben léteznek, és gyakorlati alkalmazásukra is van példa, a szabadtéri megvalósításuk még nem teszi lehetővé a jelenlegi műholdas kommunikációban történő felhasználásukat.

1998-ban a Los Alamos National Laboratory 950 méteres távolsággal végzett sikeres kísérletet [2]. A hibaarány – (Bit Error Rate, BER) vagyis a hibás bitek aránya az összes bithez képest – mindössze 1,5%-os volt, és ez a kutatók saját bevallása szerint a felhasznált optikai elemek (szűrők, cellák) tökéletlenségére vezethető vissza. Az elvégzett kísérletben Alice (a küldő fél) egy lézerdíóda segítségével fényimpulzust küld Bobnak (fogadó fél), aki egy 8,9 cm-es átmérőjű Cassegrain-távcsővel észleli. Mindegyik impulzus szabadtéri, és egy interferenciaszűrőn megy keresztül. Az 1 ns optikai impulzus 1 foton/impulzusba vált át, ez az arány a statisztikai Poisson-eloszlás feltételezésén alapul. 2004 januárban ugyanezen laboratórium már 9,81 km-es távolságban végzett sikeres kísérletről számolt be a New Journal of Science folyóiratban [3]. A kísérlethez 772 nm-es hullámhosszú fényt használtak, és az eddigiektől eltérően nem csak éjszaka, hanem nappali és szürkületi időpontokban is végrehajtották a teszteket. Ez a három napszak azért érdekes, mert a különböző zavaró háttérsugárzások a nap folyamán eltérő intenzitással jelentkeznek. A sikeres kommunikációt – és így magát a kísérletet is – ezek mellett még a légköri turbulencia is jelentősen befolyásolhatja.

A fenti szakirodalmi alapok vezettek rá arra, hogy a szabadtéri kvantumcsatorna és a műholdas kommunikáció kapcsolatát vizsgáljam a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Híradástechnikai Tanszéken. Az általam felállított ütemterv szerint a kvantuminformatikai algoritmusokat három különböző, de egymásra épülő lépésben lehetne alkalmazni az űrtávközlésben:

1. Nyílt légköri

Ez egy egyszerű szabadtéri kapcsolattartás, 100 km-nél kisebb távolságok jellemzik. A földfelszín görbülésének kihasználásával a szabad szemmel látható távolságnál nagyobb távolságokat hidalhatunk át. Megvalósításában ez jelenti az első lépést, a jelenlegi kutatások is ezen a területen zajlanak. A kvantum kommunikáció segítségével titkosítást valósíthatunk meg, valamint a BER csökkentésére szolgáló algoritmusokat használhatunk.

2. Alacsony pályás műholdas kommunikáció

300 és 800 km közötti távolság jellemzi ezt a csoportot, a jelek kódolására és dekódolására tudjuk felhasználni a kvantuminformatikán alapuló algoritmusokat. A kvantum hibajavítás algoritmusaival tudjuk csökkenteni a BER-t.

3. Műholdas műsorszórás

A jelenlegi műholdas műsorszóró rendszerek a geostacionárius pályán keringenek, 36000 km magasan, és 27 MHz-es jelet használnak [4]. A Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) során minden átküldött szimbólum két jelet kódolt, így nagyjából 55 Mbs sebességet érhetünk el. Kb. a bitek fele azonban elmegy hibajavításra, így a legjobb esetben maximum 38 Mbs áll a rendelkezésünkre. A műholdas műsorszórásra is elmondható, hogy nagy mennyiségű adatot kell eljuttatunk, viszonylag kis sáv szélességgel. A kvantuminformatikai

algoritmusok segítségével hatékonyabb effektív sávszélességet érhetünk el, mint jelenleg. Ez nem csak a műsorszórásban jelent előnyt (vagyis nem csak több tévécsatorna fog elférni egy-egy, a műholdon levő transzponderen), hanem az adatátvitelben is nagyobb effektív sávszélességet érhetünk el.

Az 57. Nemzetközi Világűrkonferencián bemutatott előadásomban különböző szimulációkkal vizsgáltam a lehetséges kvantumcsatorna-típusokat, és egy általam felállított csatornamodellt, és ez a kutatás jelenleg is folytatódik a Műegyetemen. Ha a szabadtéri kvantum kulcszere kísérletek sikerrel járnak, ha megfelelően tudjuk szimulálni a szabadtéri kvantumcsatorna, a kvantuminformatikai algoritmusok és a műholdas kommunikáció kapcsolatát, és sikerül ezeket fizikailag is megvalósítani, akkor a műholdas kommunikáció történelmében ugyanolyan nagy váltást érhetünk el, mint amilyen az analóg technikáról digitális technikára történő átállás volt.

Irodalom:

- [1] Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach, S. Imre, B. Ferenc (Wiley, 2005)
- [2] Practical free-space quantum key distribution over 1 km, W. T. Buttler, R. J. Hughes, P. G. Kwiat, S. K. Lamoreaux, G. G. Luther, G. L. Morgan, J. E. Nordholt, C. G. Peterson, and C. M. Simmons (arXiv:quant-ph/9805071)
- [3] Practical free-space quantum key distribution over 10 km in daylight and at night, Richard J. Hughes, Jane E. Nordholt, Derek Derkacs and Charles G. Peterson (New Journal of Physics 4 (2002) 43.1–43.14)
- [4] Műholdas műsorszórás, Dr. Gschwindt András (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997)

Bacsárdi László okleveles mérnök-informatikus, jelenleg doktorandusz a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Híradástechnikai Tanszékén. Az 57. Nemzetközi Világűrkonferencián Satellite Communication Over Quantum Channel címmel tartott előadást, a témával kapcsolatos angol nyelvű publikációja az Acta Astronautica folyóiratban olvasható: Acta Astronautica, Volume 61, Issues 1-6, June-August 2007, p 151-159.

Háromtengelyű szilíciumdetektoros teleszkóp fejlesztése űrdozimetriai mérésekhez (Hirn Attila)

Bolygónk felszínén a nagyintenzitású kozmikus sugárzást a Föld mágneses tere és az árnyékoló hatású légkör több nagyságrenddel csökkenti. A tengerszint feletti magasság növekedésével a kozmikus sugárzás intenzitása nő, az űrállomások magasságában tapasztalható dózisterhelés a Föld felszínén mérhető, természetes sugárzás okozta dózissal legalább két nagyságrenddel magasabb. Adott pályamagasságon is jelentős eltérések jelentkezhetnek, a Föld magnetoszférájának védelmét elhagyó bolygóközi utazások, valamint napkitörések során pedig megfelelő védelem nélkül az űrhajósok akár halálos mértékű dózist is kaphatnának.

A jelenleg használt műszerek csak a sugárzási tér egy-egy paraméterét képesek meghatározni, de annak jellemzéséhez számos paraméter együttes ismeretére van szükség. A Magyar Tudományos Akadémia KFKI Atomenergia Kutatóintézet Űrdozimetriai Kutatócsoportja több évtizedes tapasztalattal rendelkezik űrdoziméterek fejlesztése területén. A hetvenes évek végén kifejlesztett Pille termolumineszcens dózismérő rendszert először

Farkas Bertalan használta a Szaljut–6 fedélzetén. Folyamatos fejlesztéseket és átalakításokat követően a rendszer jelenleg a Nemzetközi Űrállomás (*International Space Station, ISS*) orosz szegmensének szolgálati sugárvédelmi ellenőrző rendszerének része. Néhány évvel ezelőtt egy háromtengelyű szilícium detektoros űrdozimetriai teleszkóp (*TriTel*) fejlesztése is megindult, mely a sugárzás különböző részecskéinek az élő szövetre kifejtett sztochasztikus biológiai hatásosságát jobban kifejező dózisegyenérték meghatározására is alkalmas lesz [1]. Az eszköz három tengelyének teleszkópjait két-két, egymással párhuzamosan elhelyezkedő, közel 300 μm vastagságú szilícium félvezető detektor alkotja. A korábban világűrben használt egytengelyű teleszkópokkal szemben a TriTel rendszer óriási előnye, hogy a három ortogonális tengelyének köszönhetően a tér minden irányában érzékeny. Jelenleg a TriTel három különböző verziójának fejlesztése folyik [2, 3]:

- **TriTel-S:** Az Európai Űrügynökség (ESA) Student Space Exploration and Technology Initiative (SSETI) programjának soron következő mikroműholdja a European Student Earth Orbiter (ESEO) lesz. A diákműhold a van Allen-öveken többször is áthaladva, magas sugárzású környezetben vizsgálja a rajta elhelyezett berendezések működését, a majdani, a Föld pályáján kívüli felfedező expedíciók számára [4]. Az egyik magyar csapat – LMP Team – két tudományos berendezést készít a plazma- és a sugárzási tér vizsgálatára. Ezek közül az egyik az Intézetünkben kifejlesztett TriTel háromtengelyű szilíciumdetektoros teleszkópnak a SSETI ESEO-ra speciálisan átalakított változata (TriTel-S), melynek fejlesztése egyetemista diákok és PhD hallgatók bevonásával jelenleg is folyik.
- **SURE TriTel:** 2006 elején az Európai Űrügynökség SURE (*International Space Station: a Unique REsearch Infrastructure*) néven egy – az EU 6. Keretprogramjából finanszírozott – programot hirdetett meg az EU 27 jelenlegi tagállamának kutatóhelyei, űripari cégei számára. A jelentkezők arra pályázhattak, hogy kísérletüket az űrügynökség feljuttassa az ISS európai moduljára (Columbus) és ott biztosítsa a kísérlet elvégzésének feltételeit [5, 6]. A programban Magyarország kiemelkedően szerepelt. A négy elfogadott magyar pályázat közül az egyiket csoportunk nyújtotta be. A TriTelt és passzív detektorkötegeket (termolumineszcens és szilárdtest nyomdetektorokat) magában foglaló komplex dozimetriai rendszer megvalósításának célja az űrállomás európai moduljának belsejében az űrhajósok dózisterhelésének, ill. a sugárzási tér anizotrópiájának vizsgálata lesz. A háromtengelyű szilícium detektoros teleszkópok mérési eredményeit jól kiegészítik majd a műszerhez rögzített passzív detektorok mérési eredményei.
- **ISS TriTel:** A moszkvai Orvosbiológiai Kutatóintézzel történt megállapodás szerint a közeljövőben az orosz űrkutatás repülési lehetőséget biztosít a TriTel számára az ISS orosz szegmensén és ennek sikeres üzeme után az űrállomás külső platformján, illetve feltételezhetően egy Mars-szonda fedélzetén is. Az ISS TriTel fejlesztése a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Magyar Űrkutatási Irodája által nyújtott támogatással valósul meg.

Az ISS Tritel és a Tritel SURE egyidejű megvalósulása, ill. küldetése esetén lehetőség nyílna az űrállomás különböző pontjaiban kapott mérési eredmények összevetésére is. A későbbiekben a komplex Pille-TriTel rendszer segítségével pedig az eddigi módszereknel nagyobb pontossággal lesz megvalósítható az űreszközökön tapasztalható összetett sugárzási tér feltérképezése.

Irodalom:

- [1] Pázmándi T.: Űrdozimetria háromtengelyű szilícium detektoros teleszkóp és a Pille hordozható TLD rendszer alkalmazásával, PhD értekezés, BME NTI, 2003

- [2] A. Hirn, T. Pázmándi, S. Deme, I. Apáthy, A. Csőke, L. Bodnár: A New Method for Determining the Equivalent Dose of Astronauts, PADEU Vol. 17, pp. 37-44, ISBN 963 463 557, ISSN 0238-2423, 2006
- [3] A. Hirn, T. Pázmándi, S. Deme, I. Apáthy, A. Csőke, L. Bodnár, 3D Silicon Detector Telescope for Determining the Equivalent Dose of Astronauts, 57th International Astronautical Congress, Valencia, 2-6 October, 2006
- [4] <http://www.sseti.net>
- [5] <http://www.spaceflight.esa.int/sure> (ESA SURE Announcement of Opportunity)
- [6] <http://www.hso.hu>

Hirn Attila a Magyar Tudományos Akadémia KFKI Atomenergia Kutatóintézetének fiatal kutatója, a BME Fizikai Tudományok Doktori Iskolájának PhD hallgatója. Valenciában az Intézetben fejlesztés alatt álló háromtengelyű szilíciumdetektoros teleszkópról (TriTel) tartott előadást: A. Hirn, T. Pázmándi, S. Deme, I. Apáthy, A. Csőke, L. Bodnár: 3D Silicon Detector Telescope for Determining the Equivalent Dose Of Astronauts

Az SSETI magyar résztvevőinek 2006-os tevékenysége

A 2006-os év során az ESA SSETI (*Student Space Exploration and Technology Initiative*) nevű diákprogramja újabb magyar csapatokkal bővült. Az első magyar résztvevők, az LMP (*Langmuir Probe*) csapat tagjai 2005 szeptemberében csatlakoztak az ESEO (*European Student Earth Orbiter*) projekthez, melynek célja, hogy 2008 decemberében geostacionárius átmeneti pályára (GTO) állítson egy 120 kg-os kisműholdat. Az ESEO különböző egységeit fejlesztő csapatok 15 európai ország egyetemének hallgatói. Az LMP csapat a műhold két fontos kísérletét fejleszti: a Langmuir plazmasűrűség-detektort, illetve a Tritel dozimetriai műszert. Február végén az SSETI ESEO projekt rendszermérnöke a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemre (BME) látogatott, ahol találkozott az SSETI programban részt vevő magyar diákokkal, valamint megismerkedett a Dr. Gschwindt András vezette Űrkutató Csoporttal. A látogatás végén együttműködési szerződés született az ESA és a BME között az ESEO műhold energiaellátó rendszerének kifejlesztésére. Az újonnan alakult EPS (*Electrical Power System*) diákcsoportnak – az LMP-hez hasonlóan – szintén jelentős hátrányt kellett behoznia, mivel az ESEO legtöbb csapata ekkor már 2-3 éve dolgozott a programban. A magyar csapatok a tervezési fázis (*Phase B*) második felében kapcsolódtak be a programba, ezért az elsődleges feladat a rendszerterv kialakítása és a szükséges dokumentációk elkészítése volt. A BME Űrkutató Csoportja, továbbá az AEKI által nyújtott szakmai támogatásnak köszönhetően a magyar diákok néhány hónap alatt felzárkóztak a többi csapathoz.



Május 15-től 19-ig az LMP és az EPS képviselőiben két-két diák vett részt a 10. ESEO Workshopon az ESA ESTEC központjában. A munkatalálkozó résztvevői személyes csapatmegbeszéléseket tartottak, valamint ESA szakértők vizsgálták felül a rendszerterveket. A nyár folyamán tovább folyt a munka, és a szeptember 25-től 29-ig tartó 11. ESEO Workshopon szintén képviseltette magát a két magyar csapat. A legfontosabb cél az ESA szakértői által tartandó PDR (*Preliminary Design Review*) előkészítése volt.

Ősszel újabb magyar csapat alakult a BME-n: az ESMO (*European Student Moon Orbiter*) Hold körüli szonda egy fontos egységének, a fedélzeti számítógépnek (*OBDH*,

Onboard Data Handling) a kifejlesztésére nyújtottak be pályázatot, melyet az ESA el is fogadott. Az ESMO tervezett startja 2012-ben lesz, a projekt jelenleg az A fázisban van.

Az év végére az ESEO EPS és LMP egységek kapcsolási rajzainak jelentős része véglegesítésre került, az ESMO OBDH csapat pedig elkészítette előzetes rendszertervét. A szűkös anyagi források ellenére a három magyar SSETI csapat folyamatosan bővülő létszámmal és a csapatok közti jó együttműködéssel dolgozik. Sikertelenül elérni, hogy a hallgatók az SSETI-ben végzett munkájukért egyetemi kreditpontokat is kaphatnak, továbbá önálló labor és diplomamunka keretében dolgozhatnak az ESA projekteken. Az LMP csapat anyagköltségeit a Magyar Űrkutatási Irodától a PECS pályázat keretében kapott támogatás fedezi. Ezen kívül a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium is nyújtott anyagi hozzájárulást a magyar diákprojekt számára. Hasznos weboldalak: www.sseti.net, www.sseti.hu

(Kocsis Gábor, a BME Űrkutató Csoport tagja)

Újabb magyar az MDRS-en

Kereszturi Ákos „veterán marsonauta” után második magyarként nyertem el a Mars Society *Mars Desert Research Station* pályázatát, így két hétig, a 42. legénység geográfus-térképészeként vehettem részt az MDRS munkájában.

A legénység és az MDRS. A legénység kiválasztásának szempontjait ezúttal is titok homálya fedte. Két résztvevő már korábban is volt az MDRS-en, kettő „újonc” nem volt tagja a Mars Societynek, egyikünk pedig már többször jelentkezett, sikertelenül – s most egyből parancsnoknak választották (egyébként ő az egyetlen, aki valódi űrhajósna is beadta már jelentkezési lapját). A hat főből öt amerikai és egy magyar volt. A 42. legénység a következő összetevőjű volt: parancsnok (*John Aittama*), mérnök-számítástechnikus (*Ben Huset*), biológus (*Dennis Creamer*), biokémikus (*Kathryn Bywaters*), csillagász (*Dennis Hands*), geográfus (*Hargitai Henrik*). Bármilyen összetételű is a legénység (akár teljes egészében nem angol anyanyelvű), a tudományos jelentések minden esetben angolul készülnek. A napirend a következő volt: kb. 10 órától 16 óráig szkfanderes terepmunka 3-5 fő részvételével, 16 órától 18 óráig személyes kutatómunka, 18 órától 19 óráig közös vacsora, 19 órától 21 óráig „szabadfoglalkozás”, ami időnként közös mozizást is jelentett. Az MDRS-en eltöltött két hét pontosan arra volt elég, hogy megtanuljuk „hétköznapi” venni az űrruha, a sisakrádió, a hadseregtől átvett rádiókommunikációs szleng, az ATV járművek használatát, a csapat összeszokjon, így többünkben is felmerült, hogy amikor elmegyünk, akkor kezdődhetett volna az érdemi munka. Igaz, az arktikus bázison egy legénység egy hónapot tölt együtt. Így az elváláskor rengeteg új kutatási lehetőség ötlött fel bennünk, amit remélhetőleg később más bázisokon tudunk majd megvalósítani.

A legénységet két kutatás vizsgálta: egy napi pszichológiai teszt és egy érendkutatás. Az érendkutatás miatt a legénység csak vegetáriánus ételeket fogyaszthatott, a két hétre előre megvásárolt ételek súlya korlátozva volt, és elsősorban kis helyen elférő, sokáig elálló, konzerv ételeket fogyaszthattunk. Minden napra más volt beosztva „főszakácsnak”, azaz változatos, vagy legalábbis változatosan elkészített ételeket fogyaszthattunk (a krumplipüré, spagetti, paradicsomszós, bab voltak a fő alkotóelemek).

Az MDRS-en nem csak Mars-analógia kísérletek folynak, hanem Hold-szimuláció is. Lévé, hogy valószínűleg egy Hold-bázis fog hamarabb megépülni, talán még a mi életünkben, erre nagyobb szükség is van. A Hold-szimulációk éjszaka folynak, a holdbéli tájakhoz hasonló területeken, telihold időszakában. Ott jártamkor a jelenlegi holdbázis-terveken dolgozó NASA kutatók meglátogatták az MDRS-t, hogy tapasztalatokat gyűjtsenek. A NASA 2006-ban felépített egy holdbázis makettet, mely meglehetősen hasonlít az MDRS

felépítésére (álló henger), azonban az – lakatlan. Így a magánpénzből, önkéntes legénységekkel működtetett Mars Desert Reseach Station valódi eredménye az, hogy immár negyedik éve folyamatosan működik, így gyakorlati tapasztalatokat ad a NASA „elméleti” szakemberei számára is. A Holdon járt űrhajósok ugyanis mára már rég nyugdíjasok.

Magam négy fő kutatást végeztem: Mars-analóg formakincs keresését; a terepbejárások (EVA-k) térképeinek előkészítését a legénység számára és a bejárás adatainak dokumentálását; a terület nevezéktanának dokumentálását és a legénység médiahasználati és szabadidő-eltöltési szokásainak vizsgálatát. Ez utóbbi keretében katalogizáltam a meglehetősen elhanyagolt, a galérián, elérhetetlen helyen porosodó könyvtár gyűjteményét is.

EVA-k (Extravehicular Activity). A szkafanderes terepséták során lassan megtanultuk, hogy milyen eszközöket hogyan kell magunkkal vinni, ha hatékonyan akarjuk használni őket. Vékony alkoholos filccel írtunk, nem közvetlen papírra vagy térképre, hanem azok átlátszó védőtasakjára. A terepen két fő írnivalónk volt: a jegyzőkönyv (koordináta, mintavétel, időpont) és a térkép, ahová az új nevek, ill. morfológiai megjegyzések kerültek. A vastag kesztyűben nagyon nehéz volt írni. A tollat kupakjánál fogva a bal kesztyű egyik ujjára ragasztottuk. A nyakunkba akasztva vagy elől hordott hátitáskában volt a GPS egység (legalább egy tartalékelemmel), fényképezőgép (időnként kettő: filmes és digitális), és egy rajztáblára ragasztva az EVA jegyzőkönyv (egyik oldalon, kitöltése elsősorban az EVA parancsnok feladata). Kérdés volt, hogy nem lehetne-e az írandó adatokat (a térképrajzolás kivételével) rádióon közölni a habbal, de mivel a kapcsolat bizonytalan volt, és sokszor megszakadt, ez az ötlet nem volt alkalmazható (viszont a teljes EVA alatt magammal hozott és bekapcsolt magnóra rögzítve az EVA teljes beszélgetését, a hangosan felmondott koordináták, megjegyzések és folyamatos felvételből az időpontok is könnyen, igaz, elég hosszú idő alatt, rögzíthetők). A rajztábla másik oldalán a tasakba rakott térképek voltak, „fejjel lefelé” felragasztva, hogy a nyakban lévő rajztábla egyszerű felemelésével olvasható legyen. A fő térkép a célterület részletes, kb. 1:7000 méretarányú térképe volt, a térképből „kihajthatóan” felragasztva pedig még egy átnézeti térkép is volt. A rajztáblához rögzítve volt még egy fotó-kalibrációs és méretarány ábra, melyet kiszedve a terepre lehetett helyezni. A mintavevő tasak és kis lapát a szkafander zsebében volt, a kisebb minták ide kerültek. Miután először nem tudtam kinyitni a tasakot kesztyűben, a következő alkalomtól a tasakra ragasztószalaggal füleket ragasztottam. A nagyobb minták az ATV-n hozott ládába kerültek. A fényképezőgép sajnos nem bírta, hogy – a könnyebb és gyorsabb kezelés végett – védőtasakja nélkül lógott a nyakamban, így por ment bele, ezért többször beragadt a blendevédője, és végül, miután a mintákat tartalmazó, ezért porral teli zsebembe raktam, kártyája is tönkrement. Minden elektronikus készülékre alkalmazható volt az a szabály, hogy az elem töltöttségét mutató ábrában nem szabad bízni, mindenhez pótelemet kell vinni.

Husar rover. A munka része volt kipróbálni a Pécsi Tudományegyetemen készített Husar–2b rovert a marsihoz hasonló terepen. A Husar (*Hungarian University Surface Analyser Rover*) az 1997-ben az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportjában *Bérczi Szaniszló* által kezdeményezett Hunveyor gyakorló űrszonda-program egyik legújabb eleme. A Husar sorozat második roverét a PTE TTK Informatika és Általános Technika Tanszékén *Hegyi Sándor* vezetésével működő űrkutató csoportban 2004-ben *Kókány András* készítette. A terepi gyakorlathoz a következő műszereket helyeztük el a roveren: rádiós hőmérő, erős fényű LED zseblámpa (kalibráláshoz), tévékamera és LCD kijelzős hordozható PAL rendszerű vevőegység, színekalibrációs ábra. Többféle felszínen is kipróbáltuk a rovert. Ezek közt szerepel a badland terület dombtalpi része, ahol kisebb-nagyobb kőzetdarabok lettek felhalmozva. Máshol olyan kőzetréteg kibukkanáson mozgott a rover, mint amelyet az Opportunity látott egy kráter peremén. Itt ez a világos, környezeténél nehezebben erodálódó homokkő egyes területeken épp a felszínen van, és lassan feldarabolódó „kockakőjárdát” alkot. Máshol a rover olyan mikro-folyóvölgyekben mozgott, melyet a hóolvadáskor lefolyó víz alakított ki. Különleges formájú rétegzett homokkővek

között is mozgott a rover. Azon az EVA-n (szkafanderes gyalogos terepmunkán), melyen a Husar-2b is a legénységgel utazott, az egyik hágót, melyen áthaladtunk, Husar Passnak, azaz Husar-hágónak neveztük el. A név így bekerült az MDRS nevezéktani adatbázisába.

Formakincs. A formakincs vizsgálata során ezen az alig 8×10 km-es területen számos olyan folyamatot és jelenséget találtam, melynek analógiái a Marson is megtalálhatók. A terület nagy részén nincs növényzet, mert az erózió még azelőtt lepusztítja, hogy a növényzet megköthetné. A területet főleg jura korú homokkőből álló dombok borítják, vastag, puha regolitakarával és részben kúszással kialakuló törmelékszoknyával. A lekerekített dombokon a folyóvízi erózió V alakú völgyekből álló teljes vízgyűjtő területeket váj, melyek a dombokról a sík felszínhez közeledve kanyarogni kezdenek, majd lerakják bőséges hordalékukat. Az így a sík felszínre szállított hordalékból a finomabb szemcséket a szél kifújja, de a völgyek mélyebb részein megmaradnak, homokfodrokat formázva. Ahol a homok nem áll bőségesen rendelkezésre, egyedi barázdák jönnek létre. Mindezekhez hasonló völgyek bőségesen találhatók a Marson is. A táj jellegzetes terepformái a butte-nak nevezet mezá, melyekhez hasonlóknak szintén jellemzők, pl. a Mars Cydonia-táblahegyeinek körzetében. Kis és nagy méretben is láttunk olyan sziklafal-leszakadásokat, mint amilyenek a Mariner-völgy egyes kanyonjainak falát alkotják. Talán a leglátványosabb alakzatok mégis a mm méretű kőborsók, apró szferula konkréciók voltak, melyek felfedezése a Marson (Blueberry néven) szenzációszámba ment. Ilyen apró gömböcskék a lakóegységtől alig pár méterre tömegesen borították a kőzetfelszínt. A talajfelszínen találtunk sokszög mintázatot és kerek foltokat is, mely utóbbiak biológiai aktivitás, vélhetően extremofilek nyomai lehetnek, morfológiájukat tekintve szép analógiái a marsi sötét dűnefoltoknak.

Térképezés, nevezéktan. A területen kutató legénységek ottjártunkig több mint száz alakzatnak adtak nevet, de egységes nevezéktani adatbázis nem készült, egyes formáknak több neve is volt, mások pedig csak szóbeli közlés révén voltak ismertek, azokat nem dokumentálták. A mi legénységünk kb. 50 alakzatnak adott nevet, mert még a lakóegység közelében is számtalan forma volt/van név nélkül. A névadás egyrészt spontán, alaki hasonlóság alapján történt, másrészt „előre megfontoltan”, személyneveket felhasználva. Saját magunkról nem neveztünk el formákat, de feleségünkéről és gyerekeinkről igen: ezek a dombok, számomra is meglepő módon, később minden más alakzatnál nagyobb jelentőségűvé váltak, a legénység tagjai lefényképezték őket, és én magam gyakran tértem vissza a feleségemhez kötődő dombhoz. Ez a „kapcsolat” fontos eredmény lehet egy későbbi marsi bázis nevezéktanának kialakításában. A névadást a terepmunkán levő legénység kedvelte, és később a tájékozódásban, a terep helyszíni, majd később a jelentésekben leírásában jól segítettek a tér megjelölését: a nevet kapott alakzatok még akkor is gyakrabban szerepeltek, ha azok nem voltak geológiai különösen jelentősek.

Médiahasználat. A legénység három alkalommal nézett egész estés filmet a könyvtár DVD-tárából, ebből kétszer a helyszínhez közel forgatott Galaxy Questet. Összegzésként az volt megállapítható, hogy a feszített napirendben túl fárasztó egy ilyen hosszú film megnézése, sokkal alkalmasabbak a DVD-n kiadott félórás tévéműsorok, pl. a Simpsons, melyet a csapat minden tagja meg tud nézni. A legénység közös beszélgetéssel eltöltött ideje a munkamegbeszéléseken kívül jórészt a vacsorához kötődött, melynek külön jelentősége volt a napirendben, s a csoport összetartozását külön erősítette, hogy minden nap más volt a „főszakács”.

Hiányosságok. Az MDRS bázis legnagyobb hiányosságai közt szerepel, hogy a két hét alatt nincs idő olyan jelentéseket írni, melyek a következő legénység számára összefoglalják a tapasztalatokat, a helyi önkéntes segítőknek pedig szintúgy nincs ideje ilyesmire, ezért az újonnan érkező legénységeknek szinte mindent újra kell kezdeni, amit az előzők már megoldottak. Így a bázis munkája is sokkal kevésbé hatékony a kutatás szempontjából, és inkább eltolódik az ismeretterjesztés felé. A bázisra látogató újságírók sem éppen elősegítói a

szimulációs kísérleteknek. Hiányosság, hogy mindenki a laptopján dolgozik, és nincs egy közös szerver, ahol megoszthatók lennének egymás – és a különféle légénységek – adatai (az MDRS weblapja a napi jelentéseket és a válogatott fényképeket teszi közzé). Egy alkalommal vészhelyzetet szimuláltunk (elromlott szkafander egység), melynek eredményét is meg kellene osztani a következő légénységekkel. Bár ezek az adatok részben hozzáférhetők a napi jelentésekből, a négy év összes napi jelentésének elolvasása a két hetes út előtti felkészülésben lehetetlen: igazán jó összefoglalóra volna szükség. Megállapíthattuk, hogy az MDRS vezetői és alvezetői néhány dologban konzervatívak: csak az UTM koordináta-rendszert használhattuk a jelentésekben, bár kidolgoztunk egy hab-központú poláris koordináta-rendszert; többször figyelmeztettek, hogy a nemzeti zászlók használatát kerüljük, és egy esetben egy korábbi név törlését kérték a névanyagból és térképről, „titkos kísérletre” hivatkozva. Az MDRS tehát az élet minden elemét sikeresen szimulálja.

(Hargitai Henrik)

Kitüntettjeink

Kovács Kálmán informatikai és hírközlési miniszter az Űrkutatási Tudományos Tanács (ÜTT) 2006. február 13-ai ülésén *Bay Zoltán-díjat* adott át **Dr. Almár Ivánnak**, az ÜTT elnökének az űrtevékenység területén végzett eddigi kimagasló tevékenységéért. Az átadáson – az ÜTT 100. ülése alkalmából – jelen voltak az ÜTT tagjain kívül *Dr. Pungor Ernő* és *Dr. Lotz Károly* korábbi, űrtevékenységet felügyelő miniszterek. A Bay Zoltán-díj az űrkutatás érdekében végzett kimagasló tevékenységért, illetve életmű elismeréséért adományozható.

Március 15-én *Széchenyi-díjban* részesült **Dr. Major György** meteorológus, a MANT korábbi elnöke, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott munkatársa, nyugalmazott kutatóprofesszor, a meteorológia területén hosszú időn át végzett kiemelkedő szakmai és tudományos munkássága, különösen meteorológiai sugárzástani, illetve műholdas meteorológiai kutatásai, valamint oktatói tevékenysége elismeréseként.

A köztársasági elnök a nemzeti ünnep alkalmából a hazai űrkutatásban végzett kiemelkedő tevékenységéért és a magyar űrkutatás eredményes nemzetközi képviseletéért a *Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje* kitüntetést adományozta **Dr. Both Elődnek**, a Magyar Űrkutatási Iroda igazgatójának, a MANT alelnökének. A kitüntetést az Informatikai és Hírközlési Minisztérium március 15-i ünnepélyén Kovács Kálmán miniszter adta át.

2006-ban **Varga András**, aki korábban a MANT alelnöke és főtitkára is volt egy-egy időszakban, *MTESZ Díjat* kapott.

Kitüntetésükhöz ezúton is gratulálunk!

A 2005/2006. évi ifjúsági esszépályázat eredményei

15-18 évesek kategóriája – helyezettek:

- | | | |
|------|--|---|
| I. | Orgel Csilla
Kaposvár | <i>Titáni titkok</i>
Munkácsy Mihály Gimnázium és Szki. |
| II. | Megyesi Dániel
Tatabánya | <i>Az emberiség első csillagközi utazása</i>
Eötvös József Gimnázium, Tata |
| III. | Farkas Flóra
Szentendre | <i>Az élet harmadik otthona: az Europa</i>
Alternatív Közgazdasági Gimnázium, Budapest |
| IV. | Laszlovszki Tamás
Pomáz | <i>Plasma Shuttle</i>
Alternatív Közgazdasági Gimnázium, Budapest |
| V. | Ivanics Ferenc
Balatonkenese | <i>A Jupiter meghódítása</i>
Öveges József Szakképző Iskola, Gimnázium és Koll.,
Balatonfűzfő |

Különdíjasok (névsor szerint):

- | | |
|-------------------------------------|---|
| Eőry Mónika
Farád | <i>Földszerű bolygók nyomában</i>
Hunyadi János Gimnázium és Szki., Csorna |
| Hartmann Alexandra
Pécs | <i>Mars, a vörös bolygó</i>
PTE Babits Mihály Gyakorló Gimnázium és Szki. |
| Mészáros Katinka
Brüsszel | <i>Merkúr, a belső bolygó</i>
Schola Europaea |
| Tóth Ákos
Hévízgyörk | <i>A Plútó kutatásának története és jövője</i>
Széchenyi István Közgazdasági Szki., Hatvan |

Határon kívüli különdíjas

- | | |
|---|--|
| Nagy Krisztián
Orechová Poton | <i>Földönkívüli szabadidőközpont</i>
Základná škola s vyučovacím jazykom maďarským,
Holice (Szlovákia) |
|---|--|

11-14 évesek kategóriája – helyezettek:

- | | | |
|------|--|---|
| I. | Zsoldos Ákos
Nagykanizsa | <i>A Nap titkai</i>
Rozgonyi Általános Iskola |
| II. | Szőnyi Katalin
Cibakháza | <i>Az égi vadász – Orion</i>
Damjanich János Általános Iskola |
| III. | Mitlasócki Gergő
Fábiánsebestyén | <i>A Mars - az égitest kutatásának története</i>
ÁMK és Könyvtár Általános Iskola |
| IV. | Kora János
Budapest | <i>Titán, az élet reménye</i>
Fazekas Mihály Fővárosi Gyak. Ált. Isk. és Gimn. |
| V. | Bókon András
Fertőrákos | <i>Kedvenc égitestem, a Mars</i>
Szent Orsolya Rk. Ált. Isk., Gimn. és Koll., Sopron |

Különdíjat a zsűri nem adott ki ebben a kategóriában.

A zsűri elismerésben részesíti:

Zloch Istvánné tanárnőt (*Széchenyi István Gimnázium, Dunaujváros*), valamint
Gehry Mónika tanárnőt (*Czuczor Gergely Magyar Tannyelvű Alapiskola, Érsekújvár*)
a tanítványaik felkészítésében végzett eredményes munkájáért.

A név szerint fel nem sorolt pályázók dolgozatát a zsűri szintén értékelte, ám azok között sorrendet nem állapított meg.

„Űrhajósok” lettünk

Életünk egyik legnagyobb kalandján vehettünk részt Huntsville-ben a *U.S. Space and Rocket Center*ben. Izgatottan vágtunk neki az utazásnak július 18-án a Ferihegyi repülőtérrel. Először Washingtonba repültünk, majd 4 nappal később Huntsville-be. Kettőnket *Horváth Márk*, a MANT Elnökségének tagja kísért el utunkon.

Amikor kiszálltunk a repülőből, egy kék kezeslábasba öltözött férfi várt minket, és máris vittek a nyitó ceremóniára, ahol az országok delegáltjai mutatkoztak be egymásnak. Voltak, akik táncoltak, énekeltek, verset mondtak, kiselőadást tartottak – mi csárdást táncoltunk, és pár mondattal bemutattuk országunkat. A többség népviseletbe öltözött. Az első este az ismerkedésről szólt, és még nem bontottak minket csoportokra, bár a lányok és a fiúk nem keveredhettek egymással, és ezt szigorúan is vették. Külön lány és fiú emelet is volt a lakóegységben. A szállás kívülről egy fémhálóból készült úrállomásra emlékeztetett, amiről hiányoztak az ablakok, és a belseje akár egy anyahajóé. Kint nagyon meleg és párás volt a levegő, ugyanakkor bent nagyon hideg és száraz. Első éjszaka nem tudtunk aludni, annyira fáztunk, de némi intézkedés árán sikerült a klímaberendezést kiiktatni...

Második nap megkezdődött a komoly munka: csoportokra bontottak minket, és megkaptuk mi is a kék kezeslábas ruhát, amit büszkén viseltünk a tábor során. A *Tsiolkovsky-team*-be osztottak be. A programok során mindig kísért egy STAFF (helyi kísérő tanár), és neki percre pontosan elő volt írva a napi program. Többnyire reggel fél 7-től este 10-ig tevékenykedtünk.

Milyen programjaink is voltak? Előadásokat hallgattunk, fizikai tréningeken vettünk részt, rakétát építettünk, és természetesen a kisebb missziókkal készítették fel minket a hat órás szimulációra. Nekünk *George Von Tiesenhausen* rakétamérnök és *Culbertson* űrhajós előadásai tetszettek leginkább. Culbertson űrhajóssal még tudtunk néhány mondatot is váltani, ami fantasztikus esemény volt. Az előadások során a Space Shuttle, az ISS és a földi irányítóközpont rendszereit és feladatait ismerhettük meg. A fizikai „megpróbáltatások” inkább szórakozást jelentettek. Kipróbálhattuk, milyen szökdécselni a Holdon, centrifugában pörögni, „háromtengelyű pörgettyűben” ülni (a *Mercury* űrhajósokat is ilyenekbe ültették), „súlytalannak” lenni, és hogy milyen csapatban együtt dolgozni – a nyelvi akadályok ellenére is. Mivel nemzetközi brigád volt, így sokan nem csak angolul beszélgettek, hanem előjött a német, francia, spanyol is. Mindkettőnk nagy kedvencei a Space Shuttle-ben lévő, felejtethetetlen missziók voltak. Némi magyarázat és logikai rávezetés után egyszerűen mentek a gyakorlatok, és sikerült mindig túlélünk azokat.

Az utolsó napon reggel mindenki izgatottan várta a hat órás szimulációt. Amikor elfoglaltuk a helyünket, nem várt meglepetés ért néhányunkat. A STAFF-ok külön feladatokat adtak nekünk, amitől leginkább veszélybe kerülhet egy misszió: betegségeket kellett szimulálnunk, amiket a csapat „ép” tagjainak kellett elhárítania. A legveszélyesebb az volt, amikor a pilóta megőrült, és elkezdte a gombokat össze-vissza nyomkodni, aminek következtében négy pirosan világító gomb jelent meg az egyik panelon. Ilyenkor mondhattuk, hogy „Houston, baj van!”... Szerencsére sikerült megoldani a felmerült problémákat – hála a higgadtságunknak és a földi központnak! Sikeresen zártuk a missziót, és sikerült szépen landolnunk a kifutópályán. Ezt követte a záró ceremónia, ahol átvehettünk egy borítékot – benne az elismerő oklevéllel, hogy teljesítettük az űrakadémiát!

Összességében nézve jó tapasztalatokat szereztünk, és barátságokat kötöttünk. Csak egy valamit sajnáltunk a tanárokkal kapcsolatban: nem mindig voltak a témába beavatottak, és nem tudták elmagyarázni helyesen, amiről beszélniük kellett. Ennek ellenére sokat tanultunk, és reméljük, hogy egyszer visszatérhetünk!

(Orgel Csilla, Megyesi Dániel)

Beszámoló a 13. Magyar Űrtáborról

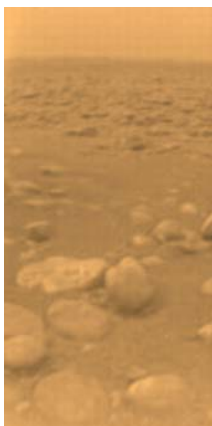
A MANT 2006. július 17. és 26. között gyönyörű természeti környezetben, a Miskolctól 30 km távolságra található Szentléleken rendezte meg a 13. Magyar Űrtábort négy szervező: *Neizer Zita, Endrédi Dávid Gábor, Dr. Kővágó Csaba és Sándor Ferenc* vezetésével. A Szentléleki Turistaházban szálltunk meg. A színvonalas szakmai előadásoknak főként a **Miskolci Egyetem Fémtechnológiai Tanszéke** adott otthont, amiért ezúton is köszönettel tartozunk a tanszék vezetőjének, *Dr. Roósz Andrásnak*. A program során érdekes előadásokat hallgattunk meg a legkülönbözőbb űrkutatási tudományterületekről, táborunk előadói nemcsak színvonalas előadásukkal színesítették a tábor programját, de útiköltségükről való lemondásukkal is támogatták a tábor. A 13. Magyar Űrtábor előadói voltak (névsor szerint): *Dr. Almár Iván, Dr. Bárczy Pál, Dr. Both Előd, Dr. Gál Gyula, Dr. Illés Erzsébet, Dr. Kelemen János, Dr. Roósz András, Sik András, Somosvári Béla és Dr. Szabó József*. Idén is vendégünk volt néhány napra az első nyolc űrtábor szervezője és vezetője, *Abonyi Ivánné*. Az előadások mellett az **Admatis Kft.** laboratóriumát is meglátogattuk, ahol Dr. Bárczy Pál és kollégái segítségével megismerkedtünk többek között az űrkemencével kapcsolatos kutatásokkal. Miskolcon ellátogattunk a *Fényi Gyula Jezsuita Gimnáziumba*, ahol megtekintettük Fényi Gyula egykoron használt távcsövét, majd Somosvári Béla segítségével távcsöves napmegfigyelést végeztünk az iskola csillagvizsgálójában. Szerencsére többször volt este tiszta az égbolt, így a szálláson éjszaka végezhattunk csillagászati megfigyeléseket. Erre kiváló helynek bizonyult a környék, ugyanis nem zavarta meg a megfigyelést semmilyen fényszennyezés. Idén is nagy sikert aratott a vízirakéta-építés és -felbocsátás nemcsak a táborozók, hanem a sajtó képviselői között is. Némi fejtörést okozott nekik a legmegfelelőbb pillanat megörökítése kamerával vagy fényképezőgéppel. A sajtó képviselőinek megkeresésében kiemelkedő szerepe volt *Németh Csabának*, segítségét ezúton is megköszönjük. Sándor Ferenc szervezésének köszönhetően a miskolci **Neptun Búvárklub** jóvoltából idén is megrendeztük a víz alatti szerelési gyakorlatot, amihez a búvárfelszerelést és a teljes körű szakmai segítséget, oktatást a búvárklub ingyen biztosította. Most sem bizonyult egyszerű feladatnak a műanyag csőszerkezet összezsavarozása a medence fenekén, de a csapatok villámgyorsan felépítették a vázat.

A környék bővelkedik látnivalókban, egy tíz napos tábor kevés ahhoz, hogy mindent bejárjunk, mégis, a szakmai programok mellett megpróbáltunk képet kapni arról, hol is van a tábor. Így fölmentünk az Avas-kilátóba és megnéztük fentről Miskolcot és környékét, ellátogattunk a szentléleki kolostorromhoz, a Látókőről nagyjából 60 km sugarú félkörben láttuk magunk körül a tájat. Megnéztük a pizstráng-telepet, az újmassai Ösköhöt és meglepve tapasztaltuk, hogy van olyan ingyenes múzeum, ahol (szintén ingyen) lelkiismeretes és érdekes vezetést tart a múzeum alkalmazottja. Utaztunk az erdei vasúton, és túráztunk, hiszen a Szentléleki Turistaház egymagában áll az erdő közepén, a műúthoz közel ugyan, de a buszjárattól távol.

Bár az utóbbi néhány táborhoz hasonlóan most sem volt nagy a létszám, a táborozók száma a tavalyi évhez képest nem csökkent, és örömmel tapasztaltuk a határon túli fiatalok részvételét (öt határon túli táborozó a tizenötből); az ő részvételi költségeiket a Magyar Űrkutatási Iroda idén is átvállalta. Összességében most is elmondhatjuk, hogy sikeres tábort zártunk, amely a táborozóknak és a szervezőknek egyaránt rengeteg élményt adott. Ezen a fórumon keresztül is megköszönöm mindenkinek a szervezés és megvalósítás során nyújtott segítséget, támogatást és a részvételét.

(Neizer Zita, táborvezető)

Orgel Csilla: Titáni titkok



„Az első automata szondák megoldottak néhányat a titáni rejtélyek közül, de szokás szerint egy sereg új problémát is föltártak.”
(Arthur C. Clarke: *A Birodalmi Föld*)

Arthur C. Clarke 1975-ben még nem tudhatta, hogy az első Titán-megközelítések milyen sikerrel járnak, de valóban igaza lett: minél több adatot gyűjtöttünk az égitestről, annál több kérdés merült fel, főként a Huygens misszió során. A kérdések és hipotézisek egyre csak sokasodnak, míg az eredmények messze le vannak maradva tőlük. Pályázatomban megpróbálok rávilágítani ezen kérdésekre, és megoldásukra a Clarke nevű űrszondaegyüttes közreműködésével.

A kezdetek...

A Titánt 1655-ben a holland csillagász, *Christian Huygens* fedezte fel 50-szeres nagyítású teleszkópjával. Folyamatos megfigyeléseinek eredményét a Hágában megjelenő *Systema Saturnium*-ban közölte 1659-ben. 1847-ben *John Herschel* nevezte el a „mítikus óriások” után. (Valójában tényleg találó nevet választott, hiszen a Titán a 2. legnagyobb hold a Naprendszerben a Ganymedes után.) 1973-ban indították a *Pioneer-11*-et, mely 1979-ben érkezett meg a Szaturnusz rendszerébe. Lefotózta igaz a Titánt, de nem lehetett tudni, hogy a képek légkört vagy felszínt ábrázolnak-e. 1980. november 12-én a *Voyager-1* űrszonda vizsgálta a „Gyűrűk Urát” és holdjait, de már fejlettebb műszerekkel volt ellátva, így bebizonyosodott, hogy valójában egy óriási, és merőben szokatlan légkörről van szó. Rádióokkultációs méréseket hajtott végre, hogy vizsgálhassa a légkört, és kimutatta a nitrogén jelenlétét. Itt sajnos vége lett a *Voyager-1* programjának, mivel amikor megpróbálta közelebbről szemügyre venni a holdat, annak gravitációs hatása miatt megváltozott a szonda pályája, és nem tudta folytatni küldetését az Uránusz felé. Ezután a *Voyager-2* 1981. augusztus 25-én érkezett meg, és további eredményeket produkált. A csillagászati műszerek fejlődése következtében a *Hubble Space Telescope* (HST), az infravörös, valamint néhány földi óriásteleszkóp (*Very Large Telescope* (VLT), *Gemini*, *Keck*), és rádiótávcsövek (*Arecibo*, *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI)) is jobb képeket produkáltak, mint amiket az űrszondák közvetlen közletről. Az interferometria, az adaptív optika, nagyobb

tükrök és a CCD (Charge Coupled Device; töltéscsatolt eszköz) használata elősegítette az észlelés magasabb szintű technikáját. A Szaturnusz környezetének feltérképezése céljából a NASA 1989-ben tervbe vette egy állandó orbiter jelenlétét. Az ESA és az ASI (Agenzia Spaziale Italiana) is csatlakoztak a projekthez. A NASA finanszírozta az orbiter megépítését, amit – a Szaturnusz A és B gyűrűjét elválasztó, távcsővel már kivethető részének felfedezőjéről – *Cassininek* neveztek el. Az európaiak a Titánra egy leszállóegységet építettek meg, melyet a hold felfedezőjének emlékére *Huygensnak* neveztek el. Az űrszondapárost 1997 októberében indították, és 2004. július elseje óta vette kezdetét a rendszer kutatása. A *Huygens* leszállására több mint fél évet kellett várni, amikor is 2005. január 14-én majd' 2,5 órás ereszkedés után a nyugati hosszúság 192,4°, és a déli szélesség 10,2°-nál „belecsattant” a „sárba” mintegy 15 cm „mélyre”, és még azután is adatokat továbbított. Ez a program sok szempontból is kiérdemelte az „elsőbbségi” címet: ekkor küldtek először az európaiak leszállóegységet, ez volt az első holdszonda (leszálítva a Holdunkat), a legtávolabbra leszállt egység, a legnagyobb űrszondapáros (6*4 méter; 5 600 kg), és egyben a legköltségsőbb (3,2 milliárd \$) is. A jövő kutatói számára ezek a nagy mérföldkövek, és az elkövetkezendő programoknak segítenek jobban megérteni mit érdemes kutatni környezetünkben, és milyen eszközökkel...

Titáni geológizálás

A Titán nagyságrendileg a 2. legnagyobb hold a Naprendszerben. Sokáig birtokolta az első helyet, de miután kiderült róla, hogy 600 km vastag légköre van, visszaszorult a 2. helyre. A központi égitesttől, a Szaturnustól mintegy 1 221 800 km átlagos távolságban kering, méghozzá kötött keringéssel, hasonlóan a Holdhoz. A Szaturnusz rendszere sem mentes a rezonanciapályáktól. A Titán–Hyperion 3:4 arányú rezonanciában áll egymással. Ez azt jelenti, hogy a két égitest egymáshoz viszonyított elhelyezkedése szabályos időközönként megismétlődik, és közben próbálják egymás pályáját minél excentrikusabbá tenni. Ezen folyamat, és a Szaturnusz árapályt keltenek benne, ami belső súrlódással jár, és hő termelődik, amely tulajdonképpen folyékony állapotban tart egy ammónia-víz réteget. Az ammóniának jelentős szerepe van ebben, mivel lecsökkenti a víz olvadáspontját, ezáltal folyékony állapotban tudja azt tartani (1. ábra). Ez a folyékony réteg óriási jelentőséggel bír(hat). Ha kiterjedt mágneses térrel rendelkezne a hold, akkor némiképp több védelmet kapna a töltött részecskék bombázásától, mint így, hogy még indukált teret sem lehetett nála egyelőre kimutatni, mint például a Jupiter Európájánál. Ha egy anyabolygó mágneses tere térben és időben erősen változik, akkor esetleg indukálhat egy gyenge mágneses teret a holdja folyékony rétegében. Lehet, hogy annyira gyenge – ha egyáltalán létezik –, hogy magnetométereink még nem olyan érzékenységek, hogy regisztrálni tudják. A Titán birtokolja a Naprendszer vízkészletének majd' $\frac{3}{4}$ -ed részét. Átlagos sűrűsége (1,9 g/cm³) arra utal, hogy félig szilikátokból, félig pedig különböző nyomású jégváltozatokból és szénhidrogénkeverékekből áll (2. ábra). A felszínen kétféle albedójú terület különíthető el egymástól: világos és sötét. Előbbiek „szárazföldek”, utóbbiak „óceánok”, „tengerek”, „tavak”, „folyók”, vagy azok által lerakott hordalékok keltik a sötét színt. Az idézőjel helytálló, mivel más égitesten nem lehet ugyanazokat a szakkifejezéseket használni. Nem teljesen azonosak földi megfelelőikkel. A titáni „szárazföld” és a földi felszín között lényeges különbségek vannak, ugyanis előbbi anyaga nem szilikát, hanem jég, némi szénhidrogénnel keverve. Ez a jég sziklaszilárdan viselkedik a -178 °C-ban. A 100 m-es magasságot csak nehezen érik el a kiemelkedések, azaz a „hegyek” (3. ábra), mivel a rendszer izosztatikus egyensúlyra törekszik, és egy bizonyos magasság után visszasüllyednek a jégkéregbe. A terület relaxálódik. Nincsenek rajta kontinensek, azaz nincs lemeztectonika. De mégsem mondhatjuk azt, hogy geológiailag halott égitest, mert számos képződmény, és folyamat

bizonyítják az ellenkezőjét. A **fakulák**, vagyis világos foltok nagy fejtörést okoznak, mivel nem lehet pontosan tudni, hogy mik lehetnek. A sötét területektől élesen elválnak, talán kicsiny jéghegyek vagy szigetek. A *Shangri-La* régió megfigyelhető több sötét, kerek, és merőben szabályos alakzat ezeken a fakulákon. A *Santorini faculán* mintha kráter lenne (4. ábra). A *Guabonito facula* egy körgyűrűre emlékeztet, amely körbefogja a sötét anyagot. Az erózió következtében márcsak a peremgyűrű maradt meg a kráterből. Többnyire igen erodáltak tűnnek a fakulák, mintha egyre „fogyatkozóban” lennének a sötét terület közepén. Nem sok **krátert** fedezhetünk fel a felszínen, csak 0,6% az égitest kráterezettsége. 6-10 km-nél kisebb becsapódási nyomokat reménytelen keresni. A felszín gyorsan relaxálódik, ami mindössze 10-100 millió éves. Hasonlít a jelenség, mármint a felszín kora az Európán észleltekhöz, csak ott az egész kicsi kráterek is megtalálhatók, igaz csak ideig-óráig. Ennek a légkör hiánya az oka. A Titán sűrű légköre nagyrészt megakadályozza a kisebb szikladarabok becsapódását, mivel azok úgy felhevülnek, hogy „titánt” sem érnék. A Vénuszon tapasztaltakhoz hasonlít a helyzet, mivel sűrű légköre nagyban befolyásolja a krátermorfológiáját. Egy kráter alakja függ: a becsapódó test nagyságától, összetételétől, sebességétől, pályájától, bolygó légkörének vastagságától és a felszín anyagától. A legnagyobb gyűrűs alakzatot *Menrvának* nevezték el, amelynek a kiterjedése eléri a 30 km-t. Akárcsak a Vénuszon azonosított kráterekből, némelyekből itt is indulnak ki hosszú lávacsatornákra emlékeztető képződmények, melyeknek anyaga a becsapódás által keletkezett hő hatására megolvastott víz. Nagy meglepetést váltottak ki a „szárazföldeket” szabdaló **fluminák** (5.a ábra), melyek olyanok, mint a földi folyók. Akár a földi Amazonas-hoz hasonlóan, egyeseknek ágas-bogas vízgyűjtőterületük van (5.b ábra). A meanderező völgyeket folyékony szénhidrogének (metán-etán) vájta ki. Hogy manapság is migrál-e bennük folyadék, nem tudni, vagy csak időszakosan mossza a völgyeiket ez a nem mindennapi összetételű folyadék. A Huygens „körülnézett”, miután leszállt a felszínre, és fluviális, valamint eolikus eróziók által lekerekített szénhidrogén-jég „köveket” látott maga körül. Előfordulhat, hogy a felszín mélyebb rétegeibe szivárog el a folyadék, hátrahagyva egy szénhidrogén-jég „homokot” hordalék gyanánt. Ennek létezését könnyen ki lehetne deríteni a (delta)torkolatok alaposabb vizsgálatával. A földi folyók ugyanis, ahol csökken a sebességük, leginkább a torkolatuknál, és hegységek lábánál, lerakják hordalékukat, és egy szerteágazó, mocsaras területet hoznak létre, ezzel megnövelve a szárazföldi területet. Két fluminatípus ismeretes a holdon: egyik típust alkotják a 100-500 méter széles, és 50-100 méter mély alakzatok, melyek összefüggő völgyhálózatot hoznak létre. A másik véglet a rövid, sötét, kerekded mélyedésekbe ömlő folyók kiterjedt hálózat nélkül. Itt egy fontos megfigyelést lehet tenni: szinte egyáltalán nincsenek **lineamentumok** a felszínen. Azonosítani lehetett ugyan egy „felszállópálya”-szerű képződményt (6. ábra), de ez eltörpül az Európán lévő kiterjedt lineamentum-hálózatoktól. Véleményem szerint a Titánt kisebb árapályhatás éri, mint a Jupiter Európáját, és a kérge is 20-szor vastagabb lehet. A következő bemutatandó képződmények a **kriovulkánok**. Egyértelműen nem lehet bizonyítani a kriovulkanizmus meglétét, de akadnak „gyanúsított” dómosodó területek. Arról van szó, hogy a földi megszokott vulkánok szilikát lávaanyaga helyett ammónia-víz keveréke tör(het) a felszínre olyan 50 km mélységből, ami eléggé viszkózus lehet, pláne ha némi metil-alkoholt tartalmaz. Érdekes lenne megfigyelni egy ilyen kriojelenséget, azaz az alacsonyabb hőmérséklet (a mélyről feltörő krioláva anyagáénál) és a hirtelen kisebb nyomás milyen módon hat(hat) az anyagra. Analógiaként fel lehet hozni az óceánközépi hátságokhoz kötődő vulkanizmust a Földön, mikor is a kiömlő bazalt az alacsonyabb hőmérsékletű sós vízzel kölcsönhatásba kerül, valamint ehhez nagyobb nyomás is társul, és azonnal megdermed a láva, ezt nevezzük párnalávának. Főként a nyomásváltozás számít ebben az esetben. A Titánon a másfélszeres földi nyomás ehhez nem túl sok. Egy másik lehetőség szerint amikor a felszínre ér az anyag, csak folydogál, míg meg nem szilárdul. Megemlíteném a **virgákat**, vagyis a dűnéket. A dűne eolikus akkumuláció során keletkező „homokkupac”, melynek

fejlődését a szél iránya és sebessége határozza meg. A titáni dűnék összetétele szénhidrogénhomok, amelyek bizonyos területeken akkumulálódtak az idők folyamán. A dűnék alakja megmutatja az aktuális szélirányt, és valószínűleg azt is jelzik, hogy a térség mennyi időn keresztül volt folyadékkal borított. Morfológiájukat tekintve párhuzamos mintázatot mutatnak, olyanok, mint a macskakarmolások a bútoron. Ilyen például a Xanadu régió *Bacab Virgae* elnevezésű területe (4. ábra).

Prebiotikus Föld?

Az alcímbe szereplő prebiotikus jelző utalás arra, hogy a Földön 4 milliárd évvel ezelőtt hasonló légkörösszetétel uralkodhatott, mint manapság a Titánon. Narancsszínű légkörét közel 90%-ban nitrogén (N_2), 6%-ban metán (CH_4), és a fennmaradó százalékban bonyolult szénhidrogén-molekulák alkotják, ami akár az élet kialakulásának kezdetébe is bepillantást nyújthat, ezáltal saját bolygónk élet előtti szakaszát is megérthetjük. A narancsszínű metán adja. A Titán esetében valószínűleg egy primordiális légkört ismerhetünk meg, ami azt jelenti, hogy a hold keletkezése óta nem változott meg légkörének összetétele, míg például a Földnek a mostani már legalább a harmadik. Elképzelhető még, hogy a kezdetben jelen lévő ammónia (NH_3) fotolízis során nitrogénre (N_2) és hidrogénre (H_2) bomlott. A H_2 könnyen elérte a szökési sebességet, így a világűrbe távozott, míg a N_2 felhalmozódott. Oxigént (O_2) nem tartalmaz szabad molekuláris állapotban, csak vegyületekben van jelen, azaz az atmoszféra mindkét esetben redukáló vegyületekből áll(t). Ez az egyetlen hold a Naprendszerben, amely kiterjedt légkörrel rendelkezik, méghozzá teljesen átlátszatlanul az optikai tartományban. Ennek oka a természetes eredetű fotokémiai szmog, mely napfény hatására alakul ki. A Titán légköre 10-szer vastagabb a földinél, és 2-3 milliárd évvel ezelőtt akár 5-ször vastagabb lehetett a mostaninál. Egy biztos, hogy folyamatosan vékonyodik. Vajon elérhet egy olyan szakaszt, amikor már semmi légkör nem veszi majd körbe? Talán, de addig is még jó „sok” idő van hátra. A metán a fő okozója az üvegházhatásnak, és ha nem termelődik újjá, azaz nem kap utánpótlást a légkör, akkor lehül és elvékonyodik. A metánkibocsátás a múltban talán intenzívebb lehetett, és így nagyobb volt az üvegházhatás. Molekulasúly szerinti stuktúrában lekörözi messzesemenőleg a Földet. Sokkal kiterjedtebbek a különböző rétegek és pauzák (7. ábra). De mégis honnan származnak a komplex vegyületek a légkörben, és milyen anyagcirkuláció folyik a légkör és a felszín között? A jól megszokott víz körforgás helyett itt metán körforgásról beszélhetünk. A Huygens eredmények alapján a CH_4 koncentráció a felszín felé nő, tehát onnan kap utánpótlást a légkör. Meg kell ismerni ennek a bonyolult körforgásnak néhány fontos mozzanatát! Tavakból, felszín alatti metánklatrátból, vagy kriovulkáni működésből származik a metán, mely pótolhatja a légköri metánt. Olyan 40 km-es magasságban kikondenzálódik a jégkristályokra, ezzel létrehozva az első metánfelhőréteget. Alatta húzódik egy metánkődszerű tartomány, amely a felszíntől számított 20 km-es magasságig tart. Még magasabbra haladva 125 km-nél található a fő (etán)felhőképződési zóna. (A földi felhők 2-6 km magasságban húzódnak.) 300 km-es zónában a már említett fotokémiai szmog húzódik, amit a Napból érkező UV sugárzás, csillagközi sugárzás, a Szaturnusz magnetoszférájának relativisztikus sebességre gyorsított töltött részecskéinek kölcsönhatása hoz létre. Molekulák keletkezése, szétesése, majd újabb rekombinálódások sorozata megy végbe ebben a tartományban (8. ábra). Még aminosavak is keletkezhetnek, amik az élet szempontjából, földi analógiával élve (mivel más példa nem áll rendelkezésre) elengedhetetlenek a víz mellett. Nem lenne olyan meglepő, ha ilyen bonyolult vegyületek létét mutatnánk ki, mert a csillagközi felhőkben már sikerült rádióteleszkópos kutatások során. A troposzférában élénk a felhőképződés, főként a hold déli féltekéjén a 40. szélességi kör mentén és a déli sark körül. Viszonylag rövid idő alatt képződnek, és mintegy 1 óra alatt el is tűnnek. Igen erős feláramlás válthatja ki ezeket, de hogy pontosan mi, kétséges. 3 féle elmélet született már, minthogy egy hegylánc emeli magasba a légtömeget, vagy kriovulkáni

működés, vagy csak egy kiterjedt tóból párolog az anyag. Véleményem szerint egy beszakadt kaldera táplálja a folyamatot a déli féltekén (9. ábra), azonban még egy hasonló képződménynek tudnám elképzelni azt a kiterjedt „monstrumot”: olyan struktúrát mutat, mint két becsapódási kráter, amelyikből az egyik félig a másikra íródott. Ezt egy digitális terepmodellel könnyen el lehetne dönteni. A felhőkből metáneső hullik, mely nem minden esetben éri el a felszínt, csak a magasabb területeket, ezt nevezzük **virgának**. Azok az esők, amelyek elérik a felszínt, beszivárognak annak mélyebb rétegeibe, majd ismét visszapréselődnek a felszínre, ezzel a kör be is zárul. Hasonlót a Marson figyelhetünk meg a CO₂ lefolyásokkal kapcsolatban, amik a kráterek déli pereménél jelentkeznek. Virgát a Földön kívül pedig már a Vénuszon is kimutattak. A légkör erősen szuperrotál, azaz a légkör gyorsabban futja körbe a holdat, minthogy az megforduljon saját tengelye körül. A Naprendszerben a Vénusznál a leggyorsabb ez, mindössze 4 földi nap a 243 földi napos tengelyforgási időhöz képest, és ezért csak egy áramlási cella alakult ki rajta. Minél gyorsabban forog egy bolygó, annál több áramlási cella alakul ki rajta (Jupiter, Szaturnusz). A Földön részben az áramlási cellák biztosítják a hőszállítást az Egyenlítőtől a pólusok felé, valamint a nedvesség, és az impulzusmomentum szállítását. Ez a troposzférában megy végbe. A rendszer fő motorja a belső bolygóknál a Napból jövő sugárzás – amit a Szaturnusz távolságában nem mondanék túl intenzívnek, hiszen a szoláris állandó a távolság négyzetével fordítottan arányos –, a külső bolygóknál a belülről származó hő, de a Titán talán az árapályból nyeri a megfelelő hőenergiát, amit mozgási energiává alakít át. A besugárzás mértéke a pálya mentén változik, mivel a forgástengely hajlásszöge a hold pályasíkjára állított merőlegeshez képest nem 0°. Mindig máshol érik merőlegesen a napsugarak a felszínt, ezért hőmérsékleti, és ezzel együtt légnyomásbeli különbségek alakulnak ki. Tehát az általános légkörzés nem más, mint az eltérő nyomású övek közötti légcseré. A forgás következtében fellépő Coriolis-erő eltéríti az áramlásokat, ezért nem párhuzamosan futnak a szelek. Az északi féltekén jobbra, délen balra téríti az áramlásokat. 3 cellát különböztetünk meg itt a Földön: Hadley-cella, Ferrel-cella, és poláris cella. Mindkét féltekén szimmetrikusan helyezkednek el. A Hadley-cella felszálló ága az Egyenlítőnél helyezkedik el, míg a leszálló ágak a térítők mentén. Közöttük keleties passzátszelek fújnak. A Ferrel-cellában a térítők és a sarkkörök között nyugatias szelek jönnek létre. Itt alakulnak ki a ciklonok és anticiklonok. A poláris cella a leszálló levegő régiója, ahol a magasnyomású anticiklonok uralkodnak. Pont a forgástengely hajlásszöge miatt a felszíni legerősebb besugárzás helye évszakosan változik. Hol az Egyenlítőtől északra, hol pedig délre található, ezt a mozgó zónát nevezzük termikus egyenlítőnek, amely a trópusi felhők keletkezési zónája. Az áramlási cellák kialakulása, működésük, és a bennük zajló folyamatok meghatározása nem olyan egyszerű dolog, főleg csak egyszeri közvetlen mérések alapján egy idegen világon, ezért még nem ismerjük a Titánon a pontos mechanizmusát. A déli sarknál lévő felhőgyűrű a Hadley-cella felszálló ágára emlékeztet, míg a 40. szélességi kör a trópusi felhőképződés jeleit mutatja.

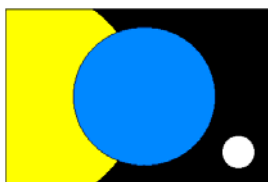
A szívós titánlakók nyomában...

Az élőlények három nagy csoportba oszthatók: prokarióták (egysejtűek), eukarióták (többsejtűek), és archaeák (ősbaktériumok). A leglényegesebb szerepük az archaea baktériumoknak vannak a pályázat szempontjából, mert ezek a legszívósabb élőlények, és legközelebb állnak az ún. „közös őshöz”. Az extrém körülmények számukra a legideálisabbak, olyan élőhelyeken fordulnak elő, ahol még 20 évvel ezelőtt ember nem is gondolta volna. Ilyen helyek a sarkvidékek hideg tavai, szélsőségesen lúgos, savas környezetek, mélytengeri hévforrások, kőzetek belseje vagy akár a nagy nyomású anaerob területek. Ezeket az élőlényeket szokás extremofileknek nevezni. Több válfaját is megkülönböztetjük egymástól: termofilek (melegkedvelők), hipertermofilek (forráságtűrők),

pszichrofilek (hidegkedvelők), acidofilek (savas környezetet kedvelők), halofilek (lúgos környezetet kedvelők), barofilek (nyomáskedvelők) és litofilek (kőzetekben élők). Energiájukat nem fotoszintézissel állítják elő, hanem kemoszintézissel. A Titán szempontjából a pszichrofilek a legfontosabbak. Szükséges is, hogy kedveljék a hideget, mivel nincs túl meleg a hold semelyik részén sem. Ezzel természetesen nem azt akarom kijelenteni, hogy egyértelműen életnek kell lenni a holdon, csak azt, hogy esély van rá. A légkörben a bonyolult szénhidrogén-molekulák az aminosavakig is képesek lennének polimerizálódni, és ez már egy jó pont az élet megjelenéséhez. Az általunk ismert élet egyik alapfeltétele a víz, ezért nagyszabású kutatások folynak a Naprendszerben a víz felkutatására. Ráadásul pont a Titánon található a legnagyobb vízkészlet a Naprendszerben. A légköri metán előállításában szerepet játszhatnak az ún. metanogén baktériumok, melyek anaerob környezetben hidrogént és szén-dioxidot redukálnak, és metánt termelnek. Ezek a földi metanogénekhez nem hasonlíthatnak, mert azok számára szükséges a víz, ezért talán hozzájuk hasonló lények lehetnek csak, ha az ottani tavakban élnek. Ha valóban ez történik, akkor a légköri hidrogénnek a felszín felé fokozatosan csökkennie kéne, de a Huygens mérésekből ezt nem lehetett kimutatni. A földi metanogén baktériumok földgáztelepek közelében élnek, és hatalmas metántelegeket hoznak létre. Ezzel azonban óvatosan kell bánni, mert ha egyszer kiszabadul – amire már volt példa a földtörténet során például a perm időszak táján –, akkor a metánkoncentráció emelkedésével megnő a légkörben az üvegházhatás, ami mint tudjuk kész ökológiai katasztrófa lenne a Földön, de a Titánon kész „Paradicsom”. Saját véleményem ezzel az egész titáni életkereséssel kapcsolatban az, hogy nem túl sok esélyt látok arra, hogy bármilyen életformát találjunk rajta sem ma, sem pedig az elkövetkezendő 300 évben. Előbb olvasszunk majd át az Europa kérgét, és küldünk egy „búvárt” a vízóceán tanulmányozására, minthogy a Titánon bármit is olvassunk. Az Európán nagyobb az élet potenciálja. Bár a titáni tengerekben még el lehet képzelni valamit, mégis oly távolinak tűnik. (Megjegyezném, hogy a Star Trek: Deep Space Nine c. sorozatban egy fajnak – „elcseréltek” – olyasmi lakhelye volt, mint a Titán, és a metamorf lények alkották a tengereket, mindannyian egy hatalmas láncot alkotva. Azonban esély sincs arra, hogy efféle bonyolult lényekkel találkozzunk a Titánon.) Nem vagyok pesszimista. Hiszem, hogy van élet a Földön kívül is, mert a Világegyetemet vétek lenne ennyi emberre elpocsékolni.

2105: Úton a Clarke

A Titán kutatása nem állhat meg a Huygensnél. 2006-at írunk, és az űrkutatás pénzügyi nehézségei miatt egy újabb titánszondát csak 2105 körül remélhetünk. Ekkor lesz a Titán felfedezésének 450. évfordulója. A *Clarke* nemcsak egy egyszerű nemzetközi csoport által küldött szonda, ami simán leereszkedik a Titánra, hanem egy többtagú űrszondaegyüttes. A neve azért lett *Clarke*, mert rendkívül tisztelem Arthur C. Clarke-ot. A program nemzetközi mivolta miatt nem csak egy, vagy több nemzet zászlója ékeskedik az egységek oldalán,



hanem a Föld zászlója. A szonda a következőkből áll: 1 db orbiter, 2 db légköri ballon, és egy tucat „parazita”. A szondaegyüttes relatíve gyorsan, mindössze 3 év alatt megérkezik a Szaturnusz rendszerébe fejlett ionhajtóműve segítségével. A hajtómű az ionizált nemesgázt (pl. xenon) elektrosztatikus térrel gyorsítja fel, és az ionok nagy sebességgel áramlanak ki a fúvókákon keresztül, amely Newton hatás-ellenhatás törvénye értelmében meghajtást produkál. A kiáramoltatáshoz szükséges energiát radioaktív izotópok – ^{238}U – bomlásából nyeri. A hajtómű tolóereje valójában nagyon kicsi, de egy bizonyos idő elteltével annyira felgyorsul az űreszköz, hogy többszörösen is felülmúlja a kémiai hajtóművel működő űrszondák sebességét. Ez a meghajtás azért előnyös, mert kevés üzemanyagot igényel, és a fajlagos tolóerő is nagyobb. A pályabeállítás mindig egy kis izgalommal jár. Vajon le tud-e lassítani az űreszköz, és

bolygó, ill. hold körüli pályára állni? Legkedvezőbb pálya e küldetés szempontjából az alacsony magasságú ellipszis, mert így előnyösebben tudja feltérképezni az orbiter a hold felszínét. Ez csak a kezdeti pálya, mert időközben változtatni is tudja. A geostacionárius pályát azért nem javaslom – hiába stabilabb, mint a többi –, mert egy adott felszíni pont felett tartózkodik állandóan a felszínről nézve, úgy látszik az égbolton, mintha nem mozogna. Ez akkor következik be, ha a műhold folyamatosan egy magasságban áll, és az inklináció 0° . A felszín 42%-át lehet így feltérképezni, és az a fontos, hogy elérjük a 100%-ot. Maga a szondaegyüttes nem nagy, és könnyű, ezzel a költségek is csökkennek. Körülbelül negyedakkora nagyságú, mint a Cassini együttes. Az egységek állandó összeköttetésben állnak egymással. Energiaforrásukat természetesen nem napelemtáblákból nyerik, hanem radioizotópos termoelektromos generátorokkal. Várható élettartamuk több év, annak ellenére, hogy a felszínen -178°C van. A műszerek kibírják. Az **orbiter** reléállomásként funkcionál és veszi a felszínről érkező adatokat, majd továbbítja a Föld felé. Emellett tudományos méréseket is végez.

Műszerezettség:

► **Infravörös (IR) spektrométer:** A hold légkörének hőmérsékleti profilját, és összetételét határozza meg. Segít a lokális és globális energiamérleg megértésében. Itt azt kell érteni, hogy mennyi energiát kap a Naptól, és ebből mennyit sugároz ki az ürbe. Ez fontos az anyagkörforgás szempontjából, ugyanis ez határozza meg főként a párolgás mértékét. Ez a bizonyos energiamennyiség függ a napsugarak beesési szögétől, felhőzettségtől, albedótól. Az áramlási cella(k) működését is megismerhetjük.

► **Ultraibolya (UV) spektrométer:** Célja a légkör összetételének, nyomásának, és ionoszférarétegeinek meghatározása. Analizálja a légkörön áthaladó napfény által létrehozott abszorpciós szinképet, és elemzi az elemgyakoriságot.

► **Magnetométer:** Feladata a hold esetleges gyenge mágneses terének vizsgálata, valamint a bolygóközi téré.

► **Plazmadetektor:** A hold plazmakörnyezetét vizsgálja.

► **Ionörmeg-spektrométer:** Az ionösszetétel, ionhőmérséklet, és ionsűrűség határozható meg vele.

► **Jégen „átlátó” radar:** Ezzel a műszerrel tanulmányozható a jégkéreg vastagsága, és analizálja a vastagságát pontról-pontra.

► **Lézeres altiméter:** Az infravörös tartományban működő lézer segítségével méri fél méter pontossággal a felszíni alakzatok magasságát, ezáltal 3D-s terepmodelleket lehet készíteni.

A következő egységek a **ballonok** (10.ábra). Összesen kettőt kell elhelyezni a felszínre, majd onnan kezdve már úgymond magukat irányítják. Tehát egy egyszerű landerben vannak külön-külön elhelyezve, mert a *Ballon-1* a déli sark közelében landol, míg a *Ballon-2* az egyenlítőnél a Shangri-La sötét albedójú régióján. Ennek annyi a jelentősége, hogy két eltérő áramlású, hőmérsékletű, nyomású, és domborzatú területen tudnak mérni a ballonok. „Munkába állásuk” fázisai:

- 1. fázis: landolás / érkezés
- 2. fázis: burkolat leválása a felszínen
- 3. fázis: ballon lábra állása, és üzemanyaggal való feltöltése
- 4. fázis: emelkedés, és mérések

Az üzemanyagfeltöltés a következőképpen zajlik: Miután a ballon kicsomagolta magát, megkezdődik a hidrogén (H_2) begyűjtése, és felmelegítése. A hidrogén a legkönnyebb gáz, így könnyebben felemelkedésre bírja a ballont. A gázt egy radioizotópos termoelektromos generátor melegíti fel. A ballonok feladata egészen a fotokémiai szmog rétegéig, 300 km

magasságig eljutni. Nem csak ott tartózkodnak folyamatosan, hanem többszöri emelkedésre és süllyedésre is képesek a ballonban lévő gáz mennyiségének szabályozásával. Ezen a direkt vertikális jellegű mozgáson túl horizontálisan csak a szelek befolyásolják mozgásukat. Több érzékelő található a ballonok lábain is, ezzel is kihasználva minden cm² helyet. A műszerek rendkívül kicsik a helyspórolás, és tömeg miatt.

Műszerezettség:

► **Kisfelbontású CCD kamera:** A felszínről 180°-os szögben készít képeket az elektromágneses spektrum minden tartományban. Átfogó képeket ad, nem mutat részleteket. A műszer a műszeregyüttes alatt van rögzítve.

► **Nagyfelbontású CCD kamera:** Részletes, akár 1-2 deciméter pontossággal pásztázza a felszínt, és készít képeket a spektrum egész tartományában. A helye ugyanott található, mint a kisfelbontású kameráé.

► **Lézer altiméter:** Lásd feljebb.

► **Semleges gáz – tömegspektrométer:** Analizálja a légkör összetételét. A műszer nem a műszeregyüttesben található, hanem a lábakon. Mivel belül üreges a szerkezete, ezért képes begyűjteni a gázt, és ott elemezni.

► **Hőmérő:** A hőmérsékletet méri.

► **Barométer:** A légnyomást méri.

► **Anemométer:** A szélesebséget, és szélirányt határozza meg. Éles ellentétek tapasztalhatók a felszínközeli, és magasabb légrétegekben. Az áramlási cellák meghatározásában nagy szerepet kap. Fontos a szélirányok meghatározása a troposzférában, mivel az áramlási cellák szelei ebben a részben aktívak.

A ballonok az adataikat közvetlenül az orbiternek küldik. Ha éppen nincs vételközelen a keringőegység, akkor az adatokat tárolják a memóriaegységükben. A leszállóegységeknek, vagyis **landerek**nek nemcsak ballontárolási funkciójuk van, hanem mérési is. Több műszer is van elhelyezve rajtuk, főként egy robotkaron.

► **Szeizmométer:** A mérésekből a hold belső szerkezetére, kriovulkánok és az árapálydudor vándorlásának időbeli változásaira lehet következtetni.

► **Graviméter:** A felszín egy adott pontján meghatározza a nehézségi gyorsulást, méri a deformációkat a rugalmas rendszeren.

► **Biológiai műszeregyység:** Megpróbálja kimutatni primitív lények jelenlétét a hold felszínén, és alatta 1 méterrel.

► **Hőáramlásmérő:** Feladata a hőáramlás meghatározása a hőmérséklet és hővezető-képesség meghatározásának segítségével. Ennek adataival a már említett anyagáramlási modellt lehet bizonyítani.

► **Penetrátor:** A penetrátor egy olyan eszköz, melynek segítségével bepillantást nyerhetünk a felszín 1 méter, vagy esetleg annál mélyebb rétegeibe fúrással. A jég vizsgálatával főként a metán koncentráció meghatározása, és a biológiai kísérletek a legfontosabbak. A műszeren „talajjelmező” érzékelők sora foglal helyet.

► **Nefelométer:** Mesterséges fénnyel megállapítja a felhők helyzetét. Regisztrálja a szórt-, és visszavert fény mennyiségét, ezáltal a felhőtípus is meghatározható. Léggöroptikai jelenségek nem tudom milyenek lehetnek, de a jégkristályok alakjának meghatározásával következtetni lehet jelenségek meglétére, vagy nem létére.

► **Panorámakamera:** A felszínről 360°-os szögben készít felvételeket.

Be szeretném mutatni a tenyér nagyságú, gömb alakú, és hiperérzékeny műszereket a „**parazitákat**”. Egy tucat ilyen kis kütyüt juttatok le „tartályban”, majd egy bizonyos magasságot elérve a fékezőernyő kinyílik, és megkezdődik a lassítás. Ezután rögtön

szabadjára engedi a „parazitákat”, és több különböző ponton érnek a felszínre. Mindegyik ejtőernyővel van ellátva. Kitüntetett területek: folyóvölgyek, torkolatok kutatása. Cél: meghatározni, hogy van-e még folyadékmozgás. Az adatokat képesek közvetlenül az orbiternek küldni. A földi állomás veszi az orbiter adatait szinte folyamatosan. A föld körül keingő óriásteleszkópok is segítenek a kutatásban. Olyan teleszkópra van szükség, mint a VLT, csak fent az űrben, és ne 4 szegmensből álljanak, hanem minimum 5-ből.

A misszió ezennel a végéhez ért.

*„Amit egy ember el tud képzelni, azt valaki más meg tudja valósítani.”
(Jules Verne)*

★ ★ ★

Zárszó

Érdekes dolog a Titánt kutatni automata űrszondákkal, de még érdekesebb lenne emberes missziót küldeni. Engem elvarázsolt változatos geológiájával, és meteorológiájával. Egyszer talán a jövőben hivatásszerűen is dolgozhatok a Titán vizsgálatával, mint planetológus szakember. A Titán új fejezeteket nyitott a planetológia történetében. A földi és űrtávcsövek fejlődése révén méginkább beleláthatunk a világűr mélységeibe. Talán 100 év múlva az emberek kevésbé lesznek anyagiasak, és a közös jövő, és fejlődés fog a szemük előtt lebegni. Mivel ma még nem sok jelét tapasztalom ennek, a tudomány fejlődése, és a különböző kutatási projektek kénytelenek várni magukra. Remélem ez az eszme egyszer megvalósul.

Irodalom:

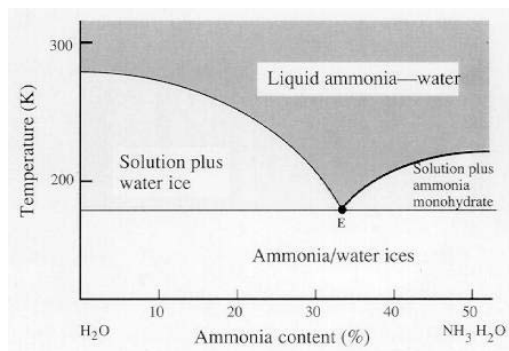
Paul Davies: Az ötödik csoda (Budapest, Vince Kiadó, 2000)
Meteor csillagászati évkönyv 2005 (Budapest, Magyar Csillagászati Egyesület (MCSE), 2004)
Bérczi Szaniszló, Hargitai Henrik, Illés Erzsébet, Kereszturi Ákos, Opitz Andrea, Sik András, Weidinger Tamás: Kis atlasz a Naprendszerrel (4) (ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Uniconstant, Budapest-Püspökladány, 2002)
Meteor csillagászati folyóirat 2005/4 (Budapest, MCSE)
Meteor csillagászati folyóirat 2005/9 (Budapest, MCSE)
Meteor csillagászati folyóirat 2005/12 (Budapest, MCSE)
Almár Iván, Both Előd, Horváth András és munkatársaik: SH Atlasz: Űrtan (Springer Hungarica Kiadó Kft., 1996)

Internet:

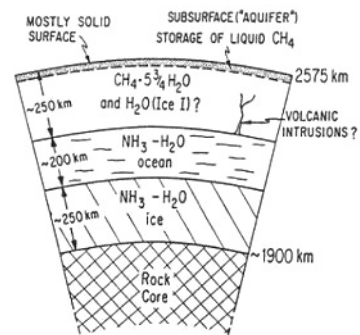
www.origo.hu
www.esa.int
saturn.jpl.nasa.gov
www.cosmovisions.com/Huygens
www.astrosurf.org/lombry/Sciences/
www.scienceahead.com

Melléklet

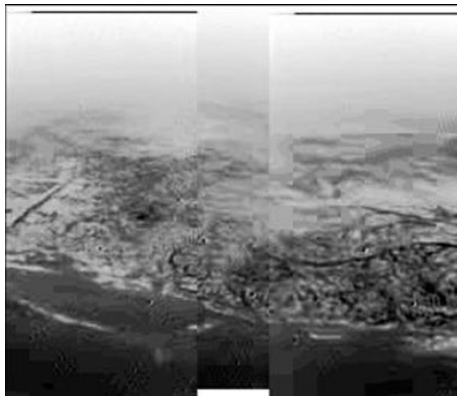
Ábrák



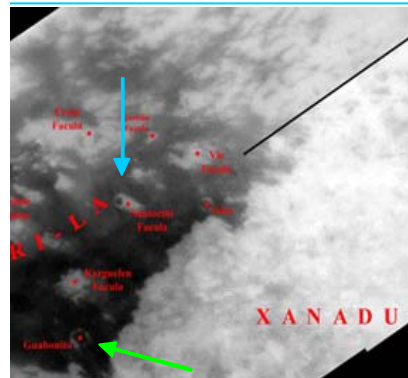
1. ábra



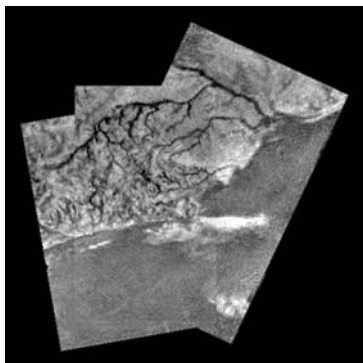
2. ábra



3. ábra



4. ábra



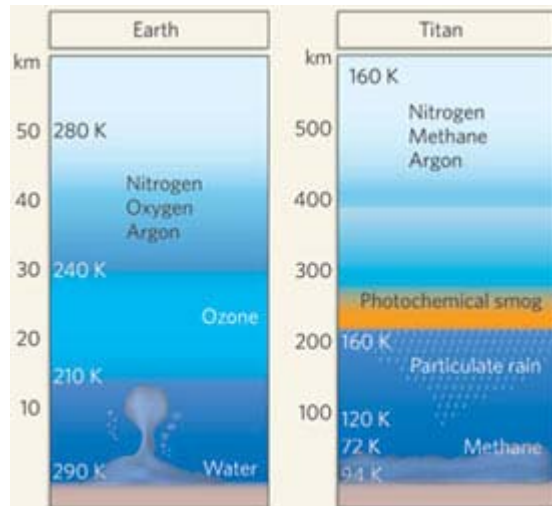
5.a ábra



5.b ábra

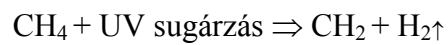


6. ábra

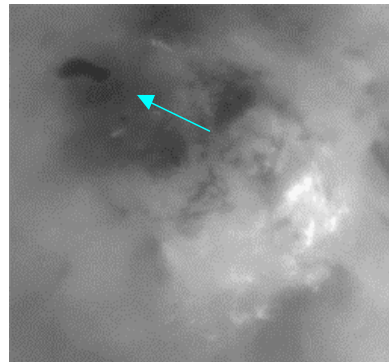
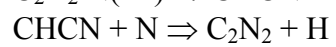
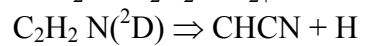
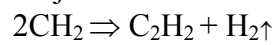


7. ábra

Titán felsőlégköri folyamatok
irreverzibilis fotodisszociáció:



Majd rekombináció



8. ábra

9. ábra



←H₂ gyűjtő

←Radioizotópos termoelektromos generátor

←Műszeregység

←Tartólábakon elhelyezett érzékelők

10. ábra

Táblázatok

Adatok	Titán
Albedo	0,21
Átlagos naptávolság (km)	1429,4* 10 ⁶
Szturnusztól való közepes távolság (km)	1 221 800
Keringési periódus a Szturnusz körül (nap)	15,9
Rotációs periódus (nap)	15,9
Excentricitás	0,029
Inklináció (fok)	0,33
Egyenlítői átmérő (km)	5150
Tömeg (Föld=1)	0,02
Átlagos sűrűség (g/cm ³)	1,9
Atmoszférikus nyomás (Föld=1)	1,5
Atmoszféra tömege (Föld=1)	10
Felszíni hőmérséklet (Celsius-fok)	-180
Gravitációs gyorsulás (m/s ²)	0,14

Molekula	Előfordulás
Nitrogén (N ₂)	82-99%
Metán (CH ₄)	1-6%
Argon (Ar)	<1-6%
Hidrogén (H ₂)	2000 ppm
Etán (C ₂ H ₆)	20 ppm
Acetilén (C ₂ H ₂)	1 ppm
Propán (C ₃ H ₈)	1 ppm
Metilacetilén (C ₃ H ₄)	0,03 ppm
Diacetilén (C ₄ H ₂)	0,02 ppm
Hidrogéncianid (HCN)	1 ppm
Cianogén (CN ₂)	0,02 ppm
Cianoacetilén (HC ₃ N)	0,03 ppm
Acenotril (CH ₃ CN)	0,003 ppm
Diciano-acetilén (C ₄ N ₂)	nyomokban
Szén-monoxid (CO)	50 ppm
Szén-dioxid (CO ₂)	0,01 ppm

Megyesi Dániel: Az emberiség első csillagközi utazása

Egy napvitorlás útja a Vegához

A Vegáról sokunknak talán Carl Sagan: *Kapcsolat* című csodálatos sci-fi regénye jut az eszünkbe. Kisebb gyermekként sokszor megpillantottam a nyári égbolt egyik legfeltűnőbb, fényes csillagát, és elgondolkodtam azon, vajon eljön-e az az idő, amikor már a csillagok távolságáig is eljuthatunk. Ezen, mint fantáziával teli, kíváncsi gyermek ábrándoztam, de elhihetjük, hogy igenis van rá reális esély. A regényben egy tudósokból álló csapat féreglyukak rendszerén keresztül utazott el közeli csillagszomszédunkhoz. Ez minden bizonnyal még nem valósulhat meg, ám belátható időn belül rendelkezésünkre fog állni az a technológia, amellyel mégis emberi léptékű időtartamok alatt tehetünk meg csillagközi távolságokat. Mai elképzeléseink szerint a fény nyomását hasznosító „napvitorlások” valóban képesek lesznek a történelmi jelentőségű feladat teljesítésére, és az emberiség az utolsó meghódítatlan térséget is elérheti: a csillagközi teret... Pályázatomban egy olyan napvitorlás tervét ismertetem, amelynek célja a tőlünk 25,3 fényévre lévő Vega.

A *csillagközi utazás*, mint sci-fi téma régebbi, mint az űrhajózás. Az első tudományos szempontból és technikailag is igényes megoldást a 70-es évek közepén dolgozták ki angol tudósok. A *Daedalus-terv* (lásd: melléklet 1-4) egy 54000 tonna tömegű, kb. 500 tonna hasznos teherrel rendelkező automata szondát indítana a 6 fényévre lévő Barnard-csillag felé. Hajtóműve fúziós energiát hasznosítana, és mintegy 50 évre lenne szüksége csillagszomszédunk eléréséhez. A *Daedalus* által kibocsátott kisebb kutatószondák egyenként vizsgálnák a csillagot, és annak feltételezett bolygóit. Az amerikaiak ugyancsak bebizonyították, hogy képesek a Naprendszer elhagyó űrszondákat építeni (Pioneer-10, Pioneer-11, Voyager-1, -2), amelyeknek azonban korántsem ez volt a rendeltetési célja, és sebességük elenyészően kicsi csillagközi távolságok megtételéhez. Ha csillagközi távolságokról van szó, igen kevés meghajtási alternatíva említhető meg, ugyanis a rakétaelv alapján működő hajtóműveink jelenleg 4 km/s kiáramlási sebességgel rendelkeznek, ezzel szemben legalább 9000-10000 km/s-ra lenne szükség ahhoz, hogy elérjük a fénysebesség néhány százalékát. Ily módon tehát a kémiai meghajtás szóba sem jöhet (amennyiben az ionhajtóműveket nem ide soroljuk)...

De honnan is ered a *napvitorlás űrszondák* ötlete? Pontosan nem tudjuk, ki vetette fel először, mint egy potenciális meghajtási módot, de az 1970-es években már számos cikkben megjelent. A működési elv lényegében majdnem azonos a tengeri vitorlázás fizikai alaptörvényeivel, azzal a különbséggel, hogy itt a szél szerepét a fotonok, azaz a fény kvantumjai töltik be. (Megjegyzem, hogy ez korántsem azonos a napszéllel, amely alatt a Nap fotoszférájából származó töltött részecskék áramát értjük). A napvitorla nem más, mint egy hatalmas felületű tükör, amely visszaveri a napfény fotonjait. A fotonoknak ugyan nincs nyugalmi tömege, lendülettel rendelkeznek, s ezért a lendületmegmaradás törvénye szerint a foton, amikor lepattan a vitorla felületéről, átad valamennyi energiát az űreszköznek, s ezáltal lökést ad. A Földön a napfény nyomása a légköri nyomáshoz képest sok nagyságrenddel kisebb, de a világűrben – közegellenállás híján – már számottevő. Rendkívül csekély, diszkrét erőhatásról van tehát szó, amely azonban nagy felületen már jelentőssé válik, s további előnye, hogy külső energiaforrásként az űrszonda útja során állandóan hat (igaz: változó mértékben). Következzen egy kis számolás! A Nap hatalmas mennyiségű energiát sugároz ki: a Föld távolságában megközelítőleg 1370 J érkezik 1 s alatt 1m² felületre (ez elegendő lenne ahhoz, hogy egy hajszáritót folyamatosan működtessünk). Ha a

Nap fotoszféráját egy 6000 K hőmérsékletű abszolút fekete testnek tekintjük, sugárzása nagy pontossággal írható le a Planck-függvénnyel. Ez a görbe megmutatja, hogy a különböző hullámhosszakhoz mekkora intenzitásérték tartozik. A Nap sugárzási maximuma a látható fény tartományába esik, ezen kívül még említésre méltó energiát sugároz ki ultraibolya és infravörös tartományban. Ezen adatok alapján egy egyszerű számítással megmutatható, hogy egy 1 kg-os, 1 km² területű, teljesen visszaverő vitorla kb. 9,3 m/s²-tel gyorsulna, amely majdnem akkora, mint a földi gravitációs gyorsulás (!). Ez az érték csodálatos is lenne, de be kell látnunk, hogy nem reális egy négyzetkilométeres nagyságú szonda tömegét 1 kg-nak vennünk. Azonban, ha egy vitorla ún. fajlagos sűrűségét 1 g/m²-nek vesszük, a gyorsulás értéke 9 mm/s²-nek fog adódni. Ez elég kicsi, de hosszú időn keresztül hat, s ebben rejlik a fotonmeghajtás legnagyobb lehetősége. Ha csak 1 mm/s²-tel számolunk, akkor is a sebesség naponta átlagosan 100 m/s-mal nő (!), amely 10-11 nap alatt 1 km/s növekményt jelentene. Így már láthatjuk, hogy például könnyen elérhetnénk a Mars-utazáshoz szükséges 8 km/s-os sebességet is, amellyel 100 nap alatt tehetnénk meg a Föld-Mars távolságot. Persze figyelembe kell vennünk, hogy a Naptól mért távolság növekedésével az ebből származó tolóerő jelentősen csökken, de pl. egy napközeli manőverrel nagy lendületet vehetne fel a szonda egy esetleges naprendszerbeli küldetés során is.

A vitorlások építéskor természetesen minimalizálni kellene a teljes tömeget. Továbbá, a nagyobb méretű vitorla a ténylegesen kutatásra szánt műszerek részesedését a szonda teljes tömegéből jelentősen csökkentené. Ezért is fontos, hogy olyan vitorlaanyagokat fejlesszünk ki, amelyek kis fajlagos sűrűségűek, ellenállnak a kozmikus erózióknak, képesek stabilan megtartani alakjukat, és nagyon nagy mennyiségben gyárthatók. Legkézenfekvőbb megoldásnak az alumínium tűnik: könnyű, kiváló reflexiós tulajdonságai révén a legalkalmasabb ismert fém erre a célra, olcsó, tökéletesen alakítható, ugyanakkor kellően szilárd is. (Megjegyzem: szakítószilárdságát tekintve gyenge, de a vitorlára ható erő teljesen egyenletesen oszlik el a felületen, és iránya is kedvező.) Felületét egyenletes oxidréteg vonja be, amely nemcsak a hőmérséklettel, hanem a kozmikus erózióval szemben is ellenálló. A csillagközi utazáshoz legalább 1 g/m²-ig kellene csökkentenünk a vitorla fajlagos sűrűségét. Ez azt jelenti, hogy vastagsága maximum 370 mikron lehetne. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen anyagból készült szerkezetet csakis az űrben lehetne összeszerelni. A napszél által okozott statikus feltöltődést is valamilyen módon át kellene hidalnunk, ha az egyáltalán számottevő lenne. A vitorla alakját praktikus lenne körnek venni. Meg kell említeni az egyes merevítő szálakat is, amelyek az utazás teljes időtartama alatt állandó szerkezeti stabilitást adnak a nagyméretű, lehetőleg vitorlának. Ezen a ponton szóba jöhetnek pl. az „emlékező fémek”. A hatalmas szerkezetet merevítő szálakkal kapcsolnánk a szondaegységhez. Problémát jelenthet még a Naprendszer határán túli kozmikus sugárzás is, amelynek erősségéről csak közelítő becsléseink vannak, ezért a szondát fel kell készíteni a hosszú távú sugárzás esetleges hatásaira is. A Voyager-szondák napjainkban lépik át a heliopauzát (a Nap elsődleges mágneses hatáskörzetét), és akkor talán pontosabb adatok is rendelkezésünkre állnak majd. Az elektronikus rendszereket is ennek megfelelően kellene megtervezni. Erre kínálnak megoldást az ún. pályaprogramozható kapusorok, melyeknek lényegét tucatnyi tranzistorból álló logikai kapuk adják. Az egyes tranzisztorokat kapcsolók kötik össze. Ezen technológia felhasználásával olyan önvezérlő elektronikát építhetnénk, amely egy esetleges meghibásodáskor többféleképpen is reagálhat az adott helyzetre, de az előzetesen betáplált algoritmusnak köszönhetően mindig oly módon, amely a szerkezet további működése szempontjából a legkedvezőbb. Így ha az űrszondát pl. nem várt sugárterhelés, vagy nagysebességű mikro-meteoritok veszélyeztetik, az elektronika lefuttatja a javító programot, amely kialakítja a korábbiakban már kedvezőnek tűnő kapurendszert. Tehát ha a számítógép észreveszi, hogy az egyik áramkör nem működik, akkor keres egy másikat, amely el tudja látni az előző

feladatát. Az önjavító áramkörök jelenleg fejlesztés alatt álló technológia, amely várhatóan fontos szerepet fog betölteni a jövő űrszondáinak tervezésében.¹

Ha a lehetséges meghajtási módokat vesszük sorra, alapvetően háromféle lehetőség áll rendelkezésünkre. Az első szerint az űrszonda kizárólag a Nap természetes fluxusát hasznosítaná – ehhez rendkívül nagyméretű vitorlára lenne szükség, és az utazási idő is meglehetősen hosszú lenne. Ugyanis a fénynyomás már a Jupiter távolságában is csak néhány százaléka lenne a Föld-távolságban mért értéknek. A második lehetőség Föld körüli pályán keringő, óriási (30-40 km²) területű fókuszáló tükrök jelenlétét feltételezné. Ez esetben már sokkal hosszabb távolságra tudnánk nagyjából azonos gyorsulást biztosítani. A harmadik megoldás egyelőre csak sci-fi regényekben képzelhető el, de talán egyszer képesek leszünk olyan óriáslézerek megépítésére is, amelyek az út teljes időtartama alatt egyenletesen adnak le impulzust a vitorla felületére. Ez a koncepció szerepel Robert L. Forward amerikai NASA-fizikus lebilincselő könyvében (melynek címe: *Rocheworld*²). A regény egy olyan emberes utazásról szól a tőlünk 6 fényévnnyire lévő Barnard-rendszerbe, amely az emberiség valaha épített legnagyobb szerkezetével 50 év alatt juttatná célba a tudományos kutatásra szánt eszközök teljes arzenálját. Az űrhajó a 20 fős személyzet mellett 4 kisebb szondát szállítana, s összömege a vitorlákkal együtt elérné a 82000 tonnát. Ebből a hasznos teher 10000 tonna. Az űrhajóra közvetlenül illeszkedő vitorla az elképzelés szerint egy tiszta alumíniumból készült 300 km sugarú paraboloid, amelyhez egy másodvitorla is tartozik (ennek 1000 km az átmérője). A meghajtást egy olyan napenergiával működő lézerrendszer adná, amely a Merkúr körüli Lagrange-pontokban helyezkedne el, s összteljesítménye elérné az 1300 TW-ot (!). A lézernyalábot egy közeli átjátszóállomás folyamatosan a kívánt irányba pozícionálná. A rendszer 0,01 g gyorsulást adna a hatalmas tömegű csillagközi űrhajónak. (Megjegyzem, hogy az egész elképzelés szigorúan tudományos alapokon nyugszik, és elméleti akadálya nincs a történetben leírtaknak.) Mindez valóban meghökkentően és túlzóan hangzik, de jól szemlélteti, hogy a fénynyomás kihasználásával minden bizonnyal új távlatok nyílnak majd meg az űrkutatás területén.

A tudományos fantasztikum világától elvonatkoztatva azonban több olyan terv is született az elmúlt évtizedben napvitorlások megépítésére, amelyeket eddig részben vagy majdnem teljesen meg is valósítottak, több-kevesebb sikerrel. Ezek a kis költségvetésű programok a NASA, az ESA, a Moszkvai Űrkutatási Intézet és a Japán Űrhivatal (JAXA) tervezőasztalairól kerültek ki. A Cosmos-1 volt a kezdeti orosz kísérletek utáni első irányított napvitorlás terve, amelyet a Planetary Society és a Cosmos Studios támogatott (melléklet: 5-7). A tervek szerint az egységet orosz Volna-rakétával (melléklet: 8) állították volna pályára tengeri kilövés során egy orosz atomtengeralattjáróból, azonban az indítás két alkalommal is kudarcba fulladt, és ez végérvényesen a projekt befejezését jelentette 2005. június 24-én. A rakéta harmadik fokozata elektronikus meghibásodás következtében nem lépett működésbe, ezért még a légkörben elégett. Az egység vitorlarendszerét 8 db 15 méter oldalhosszúságú szabályos háromszög adta (melléklet: 9), összesen 600 négyzetméter tükröző felületet biztosítva. Így a Cosmos-1 egy hatalmas, szélmalomhoz hasonló alakot öltött volna. A vitorlák különféle irányokban forgathatók voltak, így lehetővé tették volna a Nap követését és a pálya módosítását. Az irányított repülés szakaszában az űrhajó földi mikrohullámokkal történő gyorsítását is feladatul tűzték ki, amelyhez a NASA Deep Space Network-jének rádióteleszkópját használták volna. Ez az űrszonda minden bizonnyal hatalmas áttörést

¹ Jelenleg az Európai Űrtechnológiai Kutató Központ (ESTEC) pénzügyi támogatását élvező Bristol Egyetem Űrrepülés Mérnöki Kara végez kutatásokat ezen a területen.

² Robert L. Forward: *Rocheworld*; New York 1990-2001, ISBN 0-671-69869-9

jelenthetett volna, amennyiben sikerül a küldetése, mert segítségével ténylegesen mért, azaz empirikus összefüggésekhez juthattunk volna a fénynyomás gyakorlati hasznosítása és tesztelése terén.

Egy másik rendkívüli terv a FOCAL, melyet Claudio Maccone olasz csillagász-fizikus dolgozott ki. Célja: szondát küldeni arra a helyre, ahol a Nap gravitációs-lencse-hatása érvényesül (ez kb. 550 CSE távolságot jelent). Itt a Nap által fókuszált elektromágneses sugárzás kb. százmilliószoros erősítésben jelentkezik. Érdekessége, hogy e nagy távolság megközelítését kifejezetten napvitorlással javasolja. Ez az űrszonda rendkívüli jelentőségű adatokkal szolgálhatna a gamma-, infra-, röntgen-, és rádiócsillagászat számára mind-ammellett, hogy a galaxis központi vidékét óriási részletességgel térképezhetnének fel – jobban megértve ezáltal a Tejútrendszer magjának szinkrotron-sugárzását³, a Faraday-rotáció anomáliáit⁴ vagy a központi fekete lyuk szerepét a galaxis fejlődésében. A FOCAL hatalmas jelentőséggel bírna a SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) és az exobolygó-kutatás szempontjából is. Meg kell említenem, hogy a FOCAL-nak nem is feltétlenül kellene megállnia 550 CSE távolságban, ugyanis a gravitációs fókusz – a lencsék fókuszától eltérően – a fókusz tengely mentén távolabbra haladva ugyanaz marad, tehát minden 550 CSE-nél távolabbi pontja is ugyanúgy fókuszpont. A terv a JPL-hez is eljutott (Jet Propulsion Laboratory), de egyelőre nem lehet tudni, mikor kezdik el a szonda építését...

Az általam „kigondolt” szonda, amely az első, kifejezetten csillagközi távolságokra tervezett űreszköz lenne, a Vega (arabul: lecsapni készülő sas) után az *Aquila* nevet viselné. Vitorlája tiszta alumínium, könnyűfém-merevítésekkel. A vitorla fajlagos sűrűsége $0,1\text{g/m}^2$, ami lehetővé teszi, hogy hatalmas mérete ellenére se legyen túlzottan nagy tömegű. Mérete 50 km^2 , tehát egy 4 km -es sugarú körként kell elképzelnünk. A vitorla ezen paraméterei lehetővé teszik, hogy az űreszköz a Föld távolságát érő tolóerő mellett 100 kg hasznos terhet $0,09\text{ m/s}^2$ gyorsulással hordozzon. A fluxus további útja során jelentősen csökken majd, de addigra a szonda már elég nagy lendületet vett fel. Teljes tömege a vitorlával együtt 5100 kg . A „vitorlázást” azonban nem Föld körüli pályáról kezdené meg, ugyanis sokkal nagyobb lendületet vehetne fel egy Merkúrhoz közeli manőver során, s ennek megtételére alkalmas lenne egy nagyobb teherbírású hordozórakéta is. A vitorla addig összehajtogatva húzódná meg a *Hordozóban*. Kellő sebességet ($150\text{--}180\text{ km/s}$) adna naprendszerbeli útja során egy plusz ionhajtómű, amely néhány éves működése után leválna az egységről. (Japánban most kísérleteznek a fullerének ionhajtóműben történő felhasználásával, s az eddigi eredmények is nagyon biztatóak. Az elméleti nyomtaték ugyanis fullerének használatával $50\text{--}60$ -szorosra a xenon alapú meghajtás nyomtatékának.) Mivel a Vega kiesik a Naprendszer pályasíkjából, kicsi az ütközés veszélye a kisebb aszteroida típusú objektumokkal. Miután az *Aquila* a Nap heliopauzájának határán tart, fontos méréseket végez különös tekintettel a kozmikus sugár-

³ Szinkrotron-sugárzás: Olyan nemtermikus eredetű elektromágneses sugárzás (pl. rádióhullám), amely akkor keletkezik, ha a töltött részecskék mágneses mezőben spirális pályára térnek, és gyorsulásnak vannak kitéve. Ilyenkor energiájuk egy részét szinkrotron-sugárzás formájában sugározzák ki. A Tejútrendszer magjában közel fénysebességgel mozgó elektronok hozzák létre, s erősségéből a mágneses tér tulajdonságaira lehet következtetni.

⁴ A síkban polarizált rádióhullámok polarizációs síkja mágneses teret tartalmazó közegen történő áthaladásakor megváltozik. Ma már rendelkezünk olyan megbízható mérésekkel, amelyek egyértelműen megmutatják, hogy a rotáció lényegében a Galaxison belül keletkezik, és nem pedig az extragalaktikus térben, azonban a vizsgált területen belül helyenként olyan szerkezetet mutat, amely nem mindig egyeztethető össze a Galaxis mágneses terének tulajdonságaival.

zásra. Pályáját úgy is megtervezhetnénk, hogy az Oort-felhőben közel haladjon el egy üstökösmag mellett, és méréseket végezzen rajta. Ezt követi az utazás leghosszabb és leg-sötétebb szakasza, amely csaknem 150 évig tart... Az űrszonda ekkorra már óriási sebes-ségre tett szert, s ahhoz, hogy a Vega körül stabil pályára állhasson, egy meghatározott ponton lassulnia kell. Ekkor ultrakönnyű segédhajtóműveivel 180 fokos fordulatot tesz, s ezután a Vega fénye már közvetlenül lassítja. Erre azért van szükség, mert a sugárzás hatására a vitorla jellegzetes, „felfúvódott” alakot vesz fel, s ha az ellenkező (azaz nem Nap felőli) oldalon már nagyobb a fluxus értéke, mint az innenső oldalon, a vitorla alakja megvál-tozik. Rendkívül fontos ezért a szondát folyamatosan a megfelelő irányban tartani, s ez egy lézeres pozicionáló rendszer segítségével valósulhatna meg, amelyet célszerű lenne a Föld Lagrange-2 pontjába állítani. Ez egyúttal az optikai adatátvitelt is lehetővé tenné, hiszen az Aquila nem rendelkezik antennával. A központi egységen többek között tehát az alábbi műszerek foglalnának helyet: lézeres pozicionáló és nagysebességű adatátvitelt biztosító rendszer, kamerák (IR, UV és optikai), plazmadetektor, különböző sugárzásmérő műszerek (doziméterek), spektrométerek, köztük egy ultrakönnyű kivitelezésű Mössbauer-spektro-méter, amely az egységen elhelyezett anyaggyűjtő mintáit elemezné, és a Voyagerek által megkezdett „hagyománynak” megfelelően egy fémplakett, amely az emberiség helyét ábrázolná a Galaxisban az általunk ismert kvazárokhoz viszonyítva, arra az esetre, ha az űreszközt egyszer esetleg intelligens civilizáció találná meg ...

De miért pont a Vega?

25,3 fényéves távolságával minden bizonnyal nem a legközelebbi objektum csillagszomszédaink közül, azonban számos olyan érdekes, és különleges tulajdonsága van, amelyeknek részletesebb kutatása csak egy kimondottan erre a célra tervezett űrszondával lenne lehetséges. A Vega a közismert nyári alakzat, a Nagy Nyári Háromszög tagja (a Deneb és az Altair mellett), 0 magnitúdós, jellegzetesen kékesfehér színű csillag, amely még városi égen is könnyen észrevehető a Lant csillagképben (melléklet 10-11). A precesszióknak köszönhetően kb. 10 ezer év múlva éppen az északi pólus irányában lesz látható (mint most a Polaris) Az első csillag, amelynek képét daguerrotípiával rögzítették 1850. július 16-17-én a Harvard Observatory intézetében a 15 inch-es refraktorral, 100 s expozíciós idővel. A legjellegze-tebb A0 színeképtípusú fősorozati csillag, fejlődésének tehát középső, legfényesebb szakaszá-ban tart (melléklet: 12). Színképében a H-atom Balmer-vonalai erősen dominálnak, az ionizált magnézium-vonalak is jellegzetesek, ugyanakkor már megjelennek az ionizált fémek (vas, titán, kalcium) vonalai is. Az ilyen színképpel rendelkező csillagokat szokás „Vega-típusú” csillagoknak is nevezni. Tömege megközelítőleg háromszoros naptömegnek felel meg, s ennek egyik következménye az is, hogy nukleáris üzemanyagait sokkal gyorsabban használja fel, mint Napunk. Becslések szerint 300-350 millió éves, tehát fiatal csillagnak tekinthető, de 600-700 millió éves korában már letér a HRD fősorozati ágáról, és valószínű-leg vörös óriássá alakul. Fotoszférája magasabb hőmérsékletű, kb. 8000 K, és ezért sugárzási áramának maximuma a Planck-féle sugárzási törvény alapján már az ultraibolya tartományba esik. Egyedülálló, hogy éppen poláris irányból látunk rá, és ennek eredményeként többet is megtudhatunk a csillag szerkezetéről. A csillagászok már egy ideje tudták, hogy a Vega abszolút fényessége és hőmérséklete közötti kapcsolatot egyáltalán nem a csillagok többsé-gére vonatkozó összefüggések határozzák meg. A Vega ugyanis majdnem 50%-kal fénye-sebb, mint amit a hőmérséklete alapján várnánk. A jelenség okát 2006 januárjában derítették ki. A választ a Wilson-hegyi CHARA-interferométer (Center for High Angular Resolution Astronomy) adta meg. A műszeregyüttes összesen 6 db, 1 m átmérőjű távcsőből áll, amelye-ket egymástól igen nagy távolságra, Y-alakban helyeztek el, s így az egyes reflektorok egy közel 200 mikroívmásodperc szögfelbontású műszert alkotnak. Ez a hatalmas felbontás tette lehetővé a fényesség és a fotoszféra hőmérsékletének meghatározását a csillagkorong külön-

böző részein. Kiderült, hogy a Vega oly nagy sebességgel forog – a mi irányunkba eső – tengelye körül, hogy alakja erősen eltorzult a gömbhöz képest, s egy elnyúlt forgási ellipszoidnak tekintendő. A CHARA mérései ugyanis azt támasztották alá, hogy a Vega korongja sokkal sötétebb a széleknél, mint a közepénél, ez pedig csak a nagysebességű forgással magyarázható. A jelenséget szélsőtétedésnek nevezzük (melléklet: 13).

A mérések szerint a Vega egyenlítői területein 20%-kal nagyobb sugarú, mint a poláris vidéken. Mindez a forgás következménye, amely már majdnem eléri a csillagot szétvető kritikus sebességet (12,5 óránként tesz meg egy fordulatot, amely 93%-a a kritikus rotációs sebességnek). Kimutatták azt is, hogy poláris területein 10000 K-t meghaladó a fotoszféra hőmérséklete, míg az egyenlítő környékén csak 7800-7900 K. Ha a Vegát egyenlítői síkjából nézve látnánk, sokkal hidegebbnek és halványabbnak tünne. Mindezeket összevetve már érthető, hogy a csillagot mi ugyan hatvanszoros Nap-fényességnek mérjük, de csak 40-szer több energiát sugároz ki, mint a Nap. Az Aquila egyik feladata lehetne, hogy esetleges anyagledobódási korong után kutasson a csillag közvetlen környezetében, és ha talál, határozza meg annak sűrűségeloszlását, hőmérsékletét és egyéb tulajdonságait. Erre ugyanis nagy esély van – nagy sebességgel rotáló csillagról lévén szó.

De talán még ennél is érdekesebb kérdéseket vet fel, hogy a Vegát porkorong övezi... Létezésére 1983-ban az infravörös űrteleszkóp, az IRAS (Infrared Astronomical Satellite) derített fényt, amikor a szubmilliméteres hullámhossztartományban diffúz infravörös sugárzást észlelt a csillag körül (melléklet: 14). Ez a fiatal csillagokra általában jellemző, de a várt sugárzásnál sokkal intenzívebb eredményt kaptak. Az akkori mérések szerint a struktúra 140 csillagászati egységig követhető nyomon (ezeket az eredményeket később pontosították). 2005-ben újabb megfigyeléseket végeztek, ezúttal a NASA Spitzer-űrteleszkópjával (melléklet: 15). Kiderült, hogy a diszk mérete legalább 815 CSE, tehát sokkal nagyobb, mint azt korábban megállapították (melléklet: 16-17). Ez nagyjából Naprendszerünk méretének húszszorosa. A porkorong minden bizonnyal a milliméter törtrészt kitevő apró szemcsékből áll (néhány mikron méretűek), amelyeket a csillag sugárzása enyhén felmelegít. A korongot alkotó porrészecskék a sugárzás miatt kifelé áramlanak, s a kutatók szerint nagyjából ezer éves időskálán teljesen szétszóródnak az interstelláris térbe. Ahhoz, hogy a keletkezési ráta biztosított legyen, a korongnak túlzottan nagy kezdeti tömeggel kellett volna rendelkeznie. Arra következtetnek, hogy a képződmény viszonylag fiatal, és az utóbbi néhány millió év során keletkezett – aprózódási folyamat révén, tehát egy tranziens jelenséggel állunk szemben. Az egyik elmélet szerint a bolygóembriók folyamatosan összeütköznek, majd kisebb darabokra esnek szét, mígnem teljesen finom eloszlású poranyag nem keletkezik. 2000-ben kiderült, hogy kb. 85 CSE-nél van benne egy lyuk (melléklet: 18), s feltehetőleg ezen a részen ütköztek a nagyobb bolygókezdemények, s hozták létre a porkorong külső részét. A porkorong helyenkénti inhomogén jellegére, azaz bizonyos csomópontokra már korábban is utaltak. A lyuk jelenlétéből azonban nem csupán erre következtettek a csillagász-planetológusok. 2003-ban az Egyesült Királyság egyik tudóstársasága kijelentette, hogy a Vega körül a Naprendszerhez hasonló bolygórendszer is elképzelhető. A számítógépes modellezések is arra vezettek, hogy a lyukat minden bizonnyal egy két Nap-Neptunusz távolságban keringő, Jupitert-tömegnél kisebb bolygó hozta létre gravitációs rezonancia révén (melléklet: 19). A porkorong szabálytalan szerkezete így magyarázható a legjobban. A Vega körül feltehetőleg kis tömegű bolygók is keringhetnek beljebb a gázóriástól. A legvalószínűbb az, hogy a Vega körül a Neptunuszhoz hasonló tömegű bolygó a csillaghoz közel alakult ki, majd néhány tízmillió év alatt a mai pozíciójába migrált, közben eltorzítva a porkorong szerkezetét. De a csomósodások már önmagukban is valamilyen égitest(ek) gravitációs hatására utalnak. Ha az elmélet helyes, akkor különösen nagy jelentőségű felfedezésről van szó, hiszen az eddig felfedezett

exobolygók a Naprendsztől meglehetősen idegen módon, a csillaghoz nagyon közel keringenek, s tömegük általában többszörös Jupiter-tömegnek felel meg. A számítógépes modellek lefuttatása során arra is fény derült, hogy a megfigyelt szerkezet két gázbolygó esetén is kialakulhatott: egy Jupiter- és egy Neptunusz-tömegű bolygó nagyjából ugyanolyan távolságban, mint Naprendszerünkben.

Föld-típusú bolygók?

A Vega esetében 7,1 CSE lenne az a távolság, ahol kizárólag a csillag sugárzását tekintve folyékony víz jelenléte képzelhető el. Ez a Naprendszerben a Jupiter és a Szaturnusz távolsága közötti értéknek felel meg. Egy, a csillagtól ilyen távolságban keringő bolygó keringési ideje 10,9 év lenne. Az élet azonban aligha képzelhető el, hiszen a Vega-rendszer mindössze 350 millió éves, s ennyi idő alatt még a földi evolúció során sem alakultak ki fotoszintetizáló egysejtűek. Ezért a légköre valószínűleg nem tartalmaz kellő mennyiségű oxigént az ózonréteg kialakulásához. Ez pedig a „Vega-Föld” esetében halálos ítéletet jelentene az életformák számára: a Vega kemény sugárzása, különösen az ultraibolya sugárzás sokszorosa a Nap sugárzásának. Mindezt összevetve tehát nem tartom valószínűnek, hogy akár csak primitív egysejtűek is kialakulhattak volna.

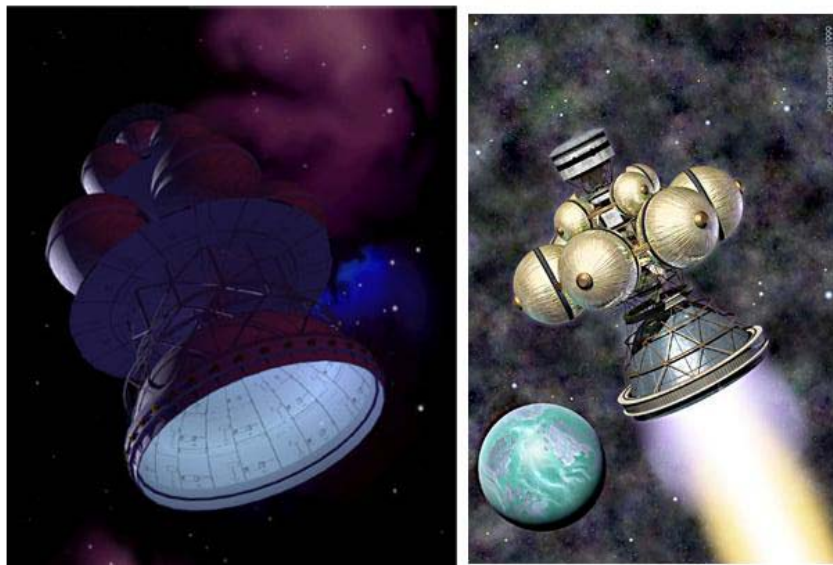
Az Aquila feladata a Vega-rendszerben

Az aleggységként szolgáló mikroszonda a műszerek közül a legfontosabbakat vinné magával az esetleges bolygó tanulmányozására, azaz „in-situ” vizsgálatára. Amikor az Aquila 150 CSE távolságra közelíti meg a Vegát, nagy excentricitású ellipszispályára áll, ezáltal a porfelhő külső és belső tartományait egyaránt helyben vizsgálhatja. Amennyiben bolygóra – esetleg bolygókra – akad, még működő segédhajtóművei segítségével olyan szögbe állítaná a vitorlát, hogy megközelíthesse azt. Ehhez természetesen rendkívül fejlett önvezérlő intelligenciára van szükség, amelynek kifejlesztése a jövő számítástechnikájának feladata. Az aleggységet ekkor a bolygó légkörébe bocsátaná, s ezáltal először lépne ember alkotta eszköz egy Naprendszeren kívüli idegen világ atmoszférájába...

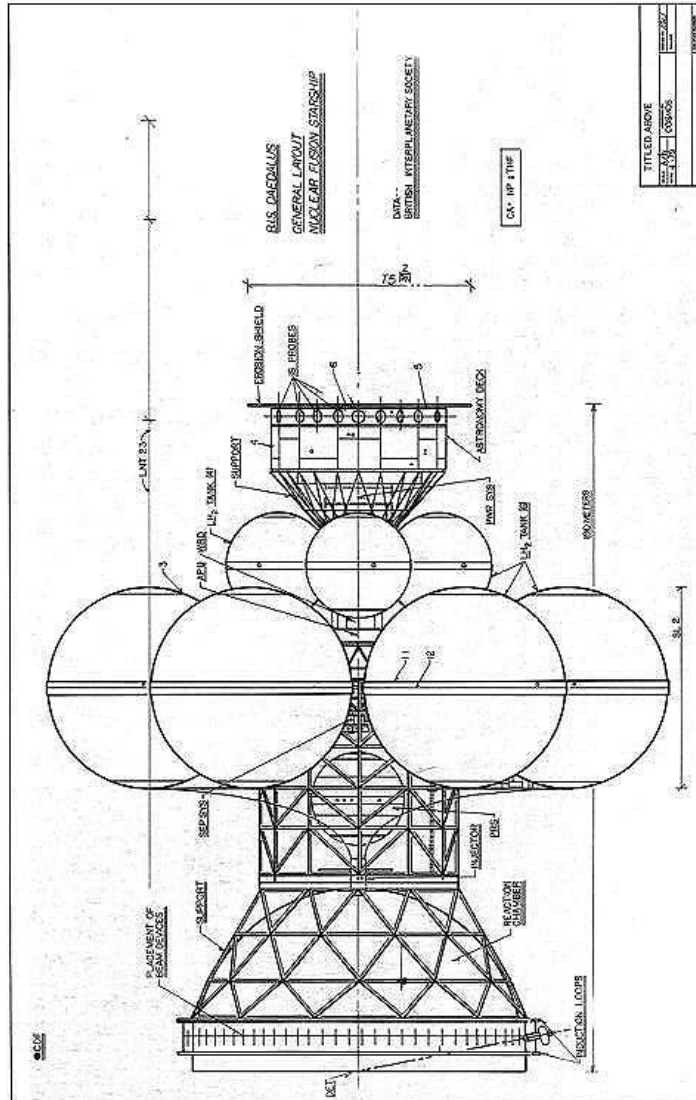
Utószó

Mindezek a vizsgálatok nagymértékben járulnának hozzá egy általánosabb érvényű bolygókeletkezési modell megalkotásához (ill. a jelenlegi elméletek pontosításához). A jelenlegi modellek ugyanis helyenként igencsak ingoványosak, hiszen még soha nem is volt lehetőségünk protoplanetáris korongok közvetlen vizsgálatára. Az Aquila terve bizonyára sok olyan elemet tartalmaz, amely műszakilag-technikailag korántsem megoldott, ám ha egyszer talán megvalósulhatna egy hozzá hasonló csillagközi űrszonda terve, sikeres küldetése beláthatatlanul nagy jelentőséggel bírna...

Melléklet

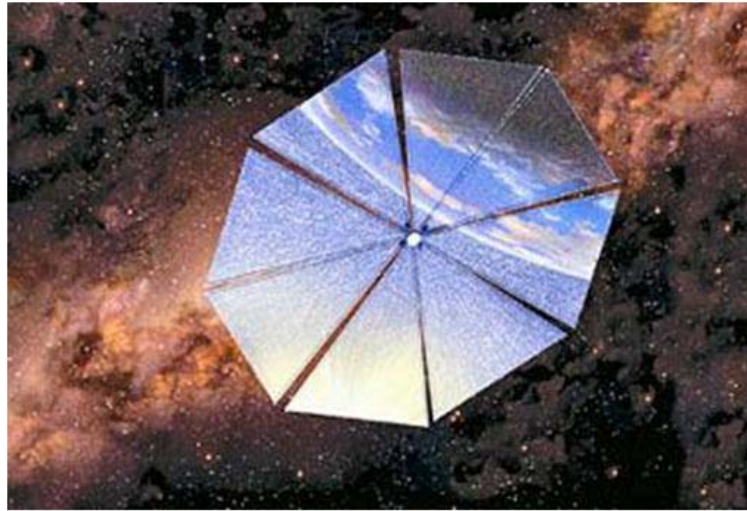


Melléklet 1-3: A Daedalus-terv



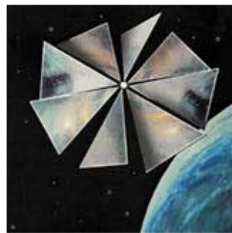
Melléklet 4: A Daedalus csillaghajó vázlat

Melléklet 5-7: a Cosmos-1





Melléklet 9: a vitorla

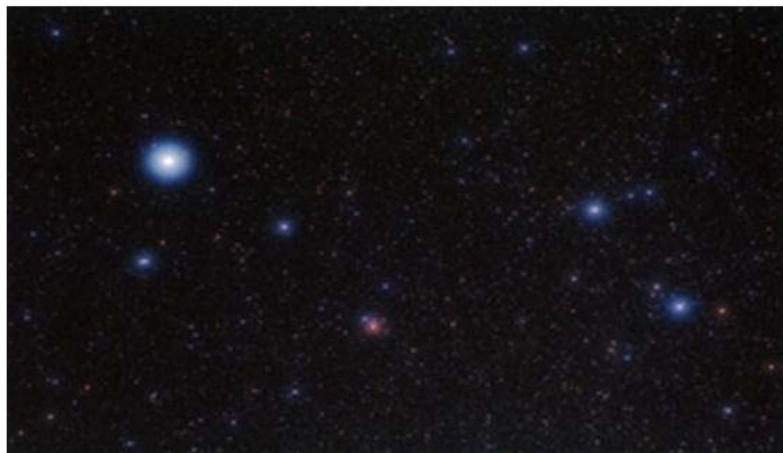
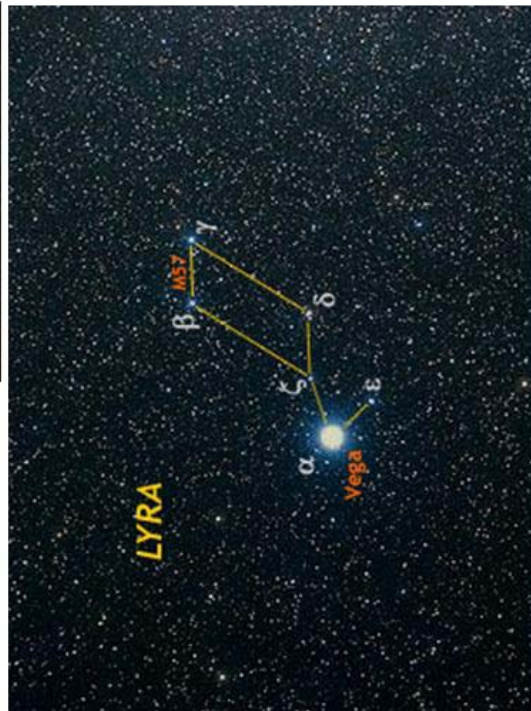


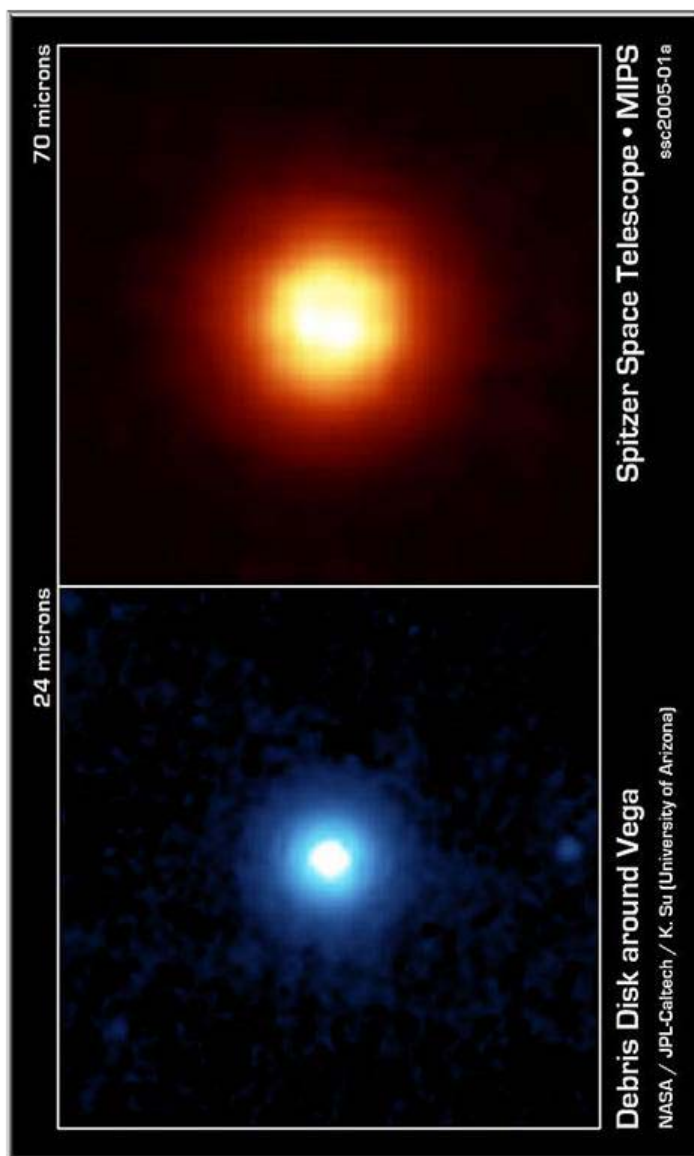
Melléklet 8: A Volna-hordozórakéta





Melléklet 10-11: A Vega a
Lant csillagképben

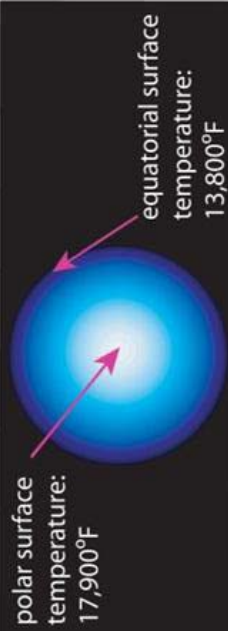




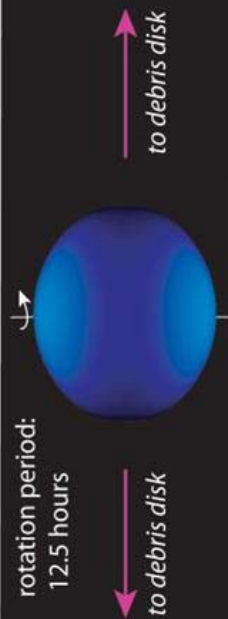
Melléklet 15: A SPITZER-űrtéleszkóp felvételei a Vega körüli porkorongról.

Vega

Pole-on view (as seen from Earth)



Equator-on view



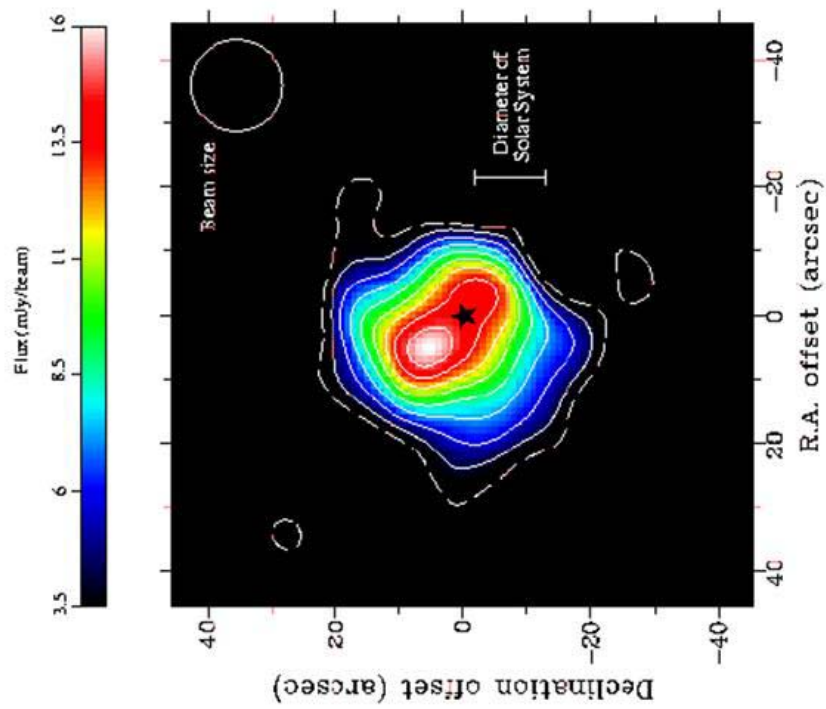
The Sun



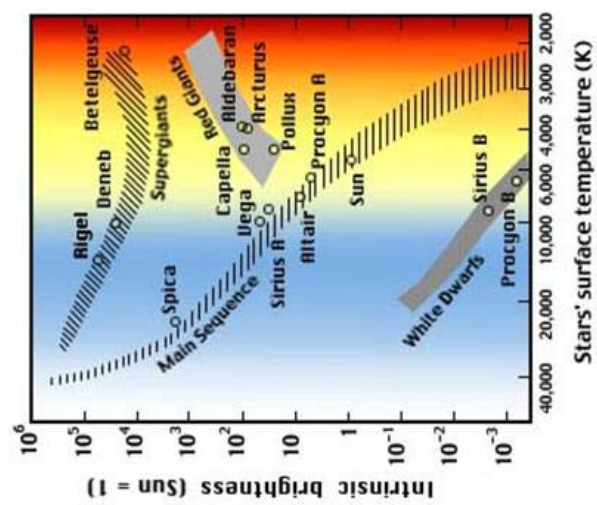
surface temperature: 10,000°F

rotation period: 24 to 30 days

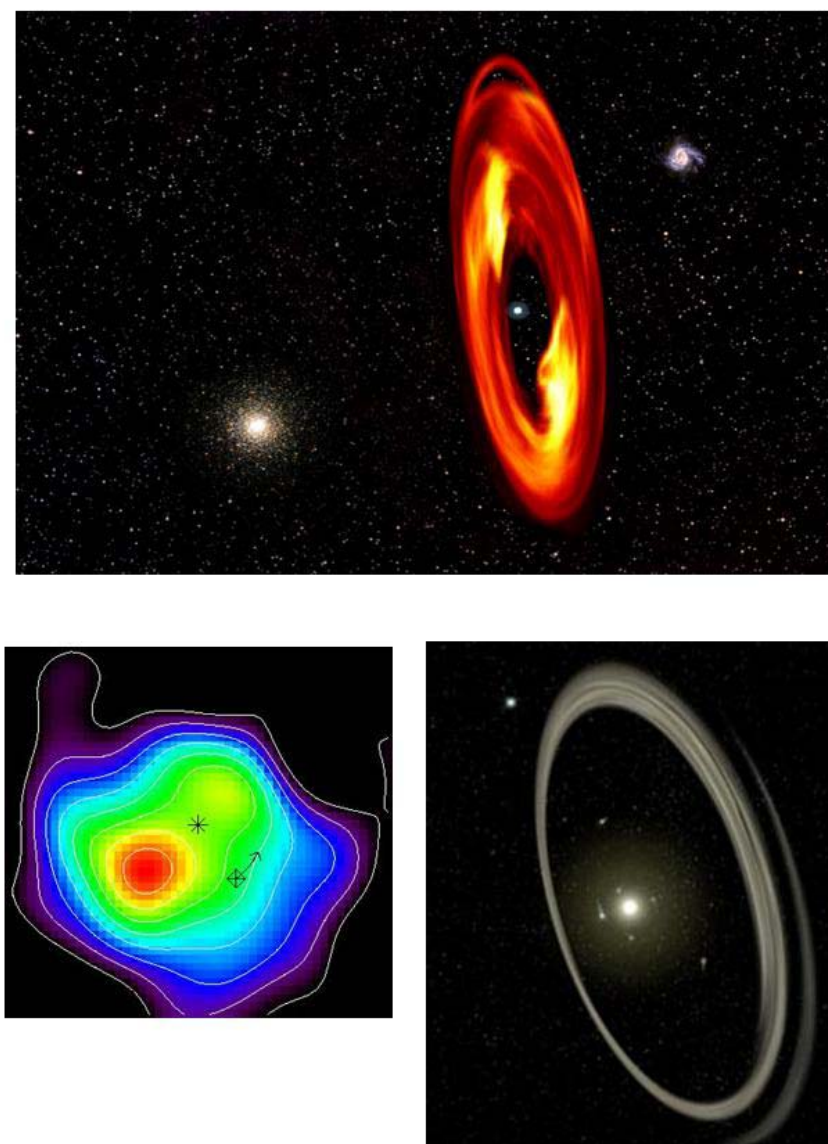
Melléklet 13: A CHARA-interferométer eredményei



Melléklet 14: Az IRAS felvétele



Melléklet 12: A Vega elhelyezkedése a Hertzsprung-Russell-diagramon



Melléklet 16-19: A Vega körüli porkorong elképzelt szerkezete és a keringési szimuláció

Tartalomjegyzék

Előszó	3
ÚRNAPTÁR – az űrkorszak történetének főbb eseményei (1957–2007)	4
Az űrkorszak 50 éve számokban	58
A világűrben töltött összesített időtartam.....	58
Egyéb emberes űrrepülési rekordok	59
Űreszközök évenkénti indítási statisztikája (1957-2006).....	60
Aktív űreszközök üzemeltetői (1957-2006).....	61
Szemelvények az űrkutatás 2006-os eseményeiből	62
A Magyar Asztronautikai Társaság 2006. évi tevékenységét bemutató beszámoló.....	85
50 éves a Magyar Asztronautikai Társaság	85
Szakmai kirándulás a Jövő Házában	86
A XXV. Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szeminárium	87
Űrkutatás és környezetvédelem – Űrnap 2006.....	88
Ifjúsági Fórum – 2006	91
Az emberek közelebb kerültek a világűrhez	91
Műholdas kommunikáció kvantumcsatorna segítségével	93
Háromtengelyű szilíciumdetektoros teleszkóp fejlesztése űrdozimetriai mérésekhez	95
Az SSETI magyar résztvevőinek 2006-os tevékenysége	97
Újabb magyar az MDRS-en	98
Kitüntetettjeink	101
A 2005/2006. évi ifjúsági esszépályázat eredményei.....	102
„Űrhajósok” lettünk.....	104
Beszámoló a 13. Magyar Űrtáborról	105
A 2006. évi ifjúsági esszépályázat díjnyertes dolgozatai.....	106
Orgel Csilla: Titáni titkok	106
Megyesi Dániel: Az emberiség első csillagközi utazása.....	118



**A MANT 50 éves jubileumi közgyűlésén Almár Iván
beszél a kezdetekről.
(Fotó: Trupka Zoltán)**



Képek a 13. Magyar Űrtáborból (Szentlélek, 2006. július)