

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LVII. évfolyam

9–10. szám

2007. szeptember–október

AZ ŰRKORSZAK ELSŐ FÉLÉVSZÁZADA

Sikerek, kudarcok, tanulságok

Almár Iván

az Űrkutatási Tudományos Tanács elnöke

1957. október 4-e azon ritka dátumok egyike, amelyek világtörténelmi jelentősége azonnal nyilvánvaló volt. Az első szputnyik (*1. ábra*) születésének napjára általában úgy emlékezünk (így jellemezték az újságok kezdettől fogva), mint arra a napra, amikor az ember először juttatta fel eszközeit a világűrbe. Ez a megállapítás azonban vitatható, hiszen attól függ, hogy hol vonjuk meg a légkör és a világűr határát. Éppen napjainkban, amikor kezdik világszerte „úrturistáknak” nevezni azokat, akik rakétával 100 km fölötti magasságig jutottak, nem felesleges arra emlékeztetni, hogy az első szputnyik előtt is többször jutottak fel parabolapályán szovjet és amerikai műszerek száz, sőt ezer km-t meghaladó magasságba. Például 1956. szeptember 20-án egy amerikai Jupiter C rakéta 39 kg-nyi

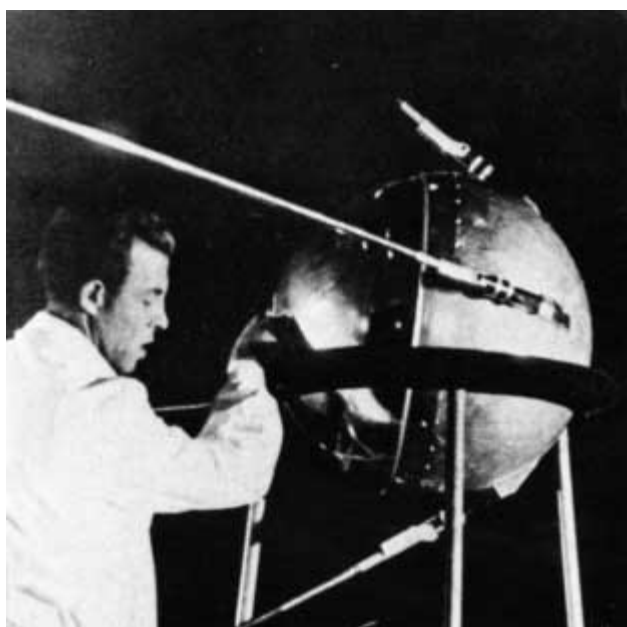
hasznos terhe 1094 km magasságig repült fel, miközben 4800 km távolságot tett meg. Aligha tagadható, hogy e műszerek rövid ideig a világűrben jártak. A hangsúly azonban a „rövid ideig” kifejezésen van. Az első szputnyik előtt ugyanis nem volt egyetlen földi berendezés sem, amely, mesterséges égitestté válva, tartósan keringett volna a Föld körül. 1957. október 4-e nem arról nevezetes, hogy az ember eszközei feljutottak bizonyos magasságig, hanem arról, hogy megszületett az első műhold. Új korszak kezdetének pedig azért nevezhető, mert azóta százával, sőt ezrével követték automata (és részben ember által lakott) űreszközök Föld körüli pályán.

Az első öt év

Tulajdonképpen nem is egyetlen, kimagasló eseményről van szó. Mint ahogy *Kolumbusz* 1492-es amerikai útja azért volt korszakalkotó, világtörténelmi esemény, mert – szemben a vikingek vagy a kínaiak állítólagos rövid kirándulásaival az amerikai kontinensen – újra meg újra ismétlődött, és elvezetett az „új világ” gyarmatosításához. Az akkori korszak technikáját is figyelembe véve a hódítás és gyarmatosítás időszaka tulajdonképpen igen rövid volt. Közhelyszerű, és szinte felesleges említeni, hogy ezt a folyamatot akkor, a 16. és 17. században anyagi érdekek hajtották (elsősorban arany szerzése volt a cél), de közben jelentősen átalakította világgépünket, és véglegesen kitágította az addig csak Európára, továbbá Ázsia és Afrika bizonyos részeire korlátozódó „ismert világot”.

Valami hasonló folyamat zajlott le az elmúlt század közepén, de a technika robbanásszerű fejlődése következtében a kolumbuszi felfedező utakhoz képest szédületes sebességgel. Alig egy hónappal az első szputnyik után pályára került a második, amely első-

1. ábra. Az összeszerelt Szputnyik-1





2. ábra. Lajka kutya a fellövés előtt

sorban természetesen arról nevezetes, hogy fedélzetén már élőlény (a Lajka kutya, 2. ábra) utazott. De arra már kevesebben emlékeznek, hogy a 2. szputnyik hasznos terhe – szemben az első műhold 84 kg-jával – már elérte az 500 kg-ot.

A sorozat döbbenetes tempóban folytatódott a következő öt évben. Néhány példa:

- Az első amerikai hold (Explorer-1) felfedezi a Van Allen-övezeteket (1958. február).

- Elindul a Score 1, az első távközlési hold (1958. december 18.).

- A szovjet Luna-1 megközelíti a Holdat, és mesterseges bolygóvá válik. Sok ezerszer messzebb jut a Földtől, mint a korábbi űreszközök (1959. január 2.).

- A Luna-2 becsapódik a Holdba (1959. szeptember 14.).

- A Luna-3 megkerüli a Holdat, és lefényképezi annak a Földről soha nem látható oldalát. Ez volt az űrcsillagászat első eredménye (1959. október 4.).

- Az amerikai TIROS-1 az első meteorológiai hold (1960. április 10.).

- Az amerikai Transit-1B az első navigációs műhold (1960. április 13.).

- Sikeresen visszatér a földre a Discoverer-14 amerikai műhold kapszulája (1960. augusztus 19.).

- Egy szovjet szputnyik-űrhajón kutyák térnek vissza élve a világűrből (1960. augusztus 20.).

- Az amerikai Courier-1B az első aktív távközlési hold (1960. október 4.).

- A Vénusz felé indul a szovjet Venyera-1 űrszonda (1961. február 12.).

- A szovjet Vosztok-1 űrhajó fedélzetén *Jurij Gagarin* egy keringést végez a Föld körül (1961. április 12., 3. ábra).

- A Vosztok-2 fedélzetén *German Tyitov* egy egész napig kering a Föld körül (1961. augusztus 6.).

- 1962-ben már páros kötélekrepülést is végrehajtottak, űrszondát indítottak a Mars felé, pályára állt az első angol műhold stb. Még ebben az évben, 1962 decemberében a Mariner-2 amerikai űrszonda a Vénusz környezetéből továbbította méréseit. Ezen utak bármely paraméterét tekintjük, az ugrások óriásiak: a második űrhajós az elsőhöz képest 16-szorosra növel-

te a súlytalanságban töltött időt; a Mariner-2 240-szer nagyobb távolságból továbbított méréseket, mint az addigi holdrakéták, és 200 ezerszer messzebből, mint a szokásos műholdak.

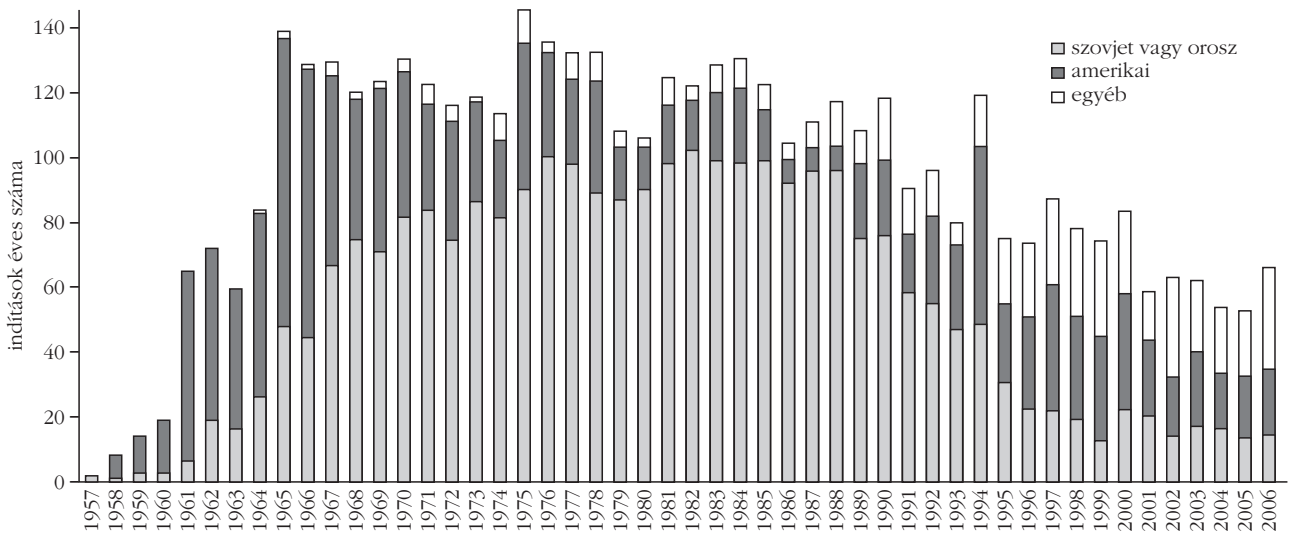
Az első öt év szédítően gyors fejlődését mi, „hivatásos szakmai kommentátorok” is alig tudtuk követni. Nehezítette dolgunkat, hogy a Szovjetunió csak utólag adott ki közleményt űrkíséreteiről, az amerikai kiadványokhoz pedig hazánkban akkoriban alig lehetett hozzájutni. De nemcsak mi voltunk zavarban, amikor a jövő kilátásairól kérdeztek, hanem a tűzhöz közelebb lévő szakértők is, akik szinte kivétel nélkül úgy vélték, hogy ez a szédítő iram folytatódni fog a következő évtizedekben is. Kiváló bizonyíték erre a *Space Age in Fiscal Year 2001* című amerikai tanulmánygyűjtemény, amely egy 1966 márciusában Washingtonban rendezett szimpózium anyagát tartalmazza. A szakértők előrejelzései a 20. század végére az űrhajózás minden képzeletet felülmúló fejlődését prognosztizálták: emberes megfigyelőbázist a Merkúron (1988), asztrobiológiai bázist a Marson (1992), fűzős energiát hasznosító atoműrhajókat, lakott űrbázisok százait stb. Azt várták, hogy a hordozórakéta-indítások éves száma 2000-re meghaladja az egymilliót, az évente pályára juttatott tömeg pedig a 100 ezer tonnát.

Sikerek és kudarcok az elmúlt 50 évben

Most, 2007-ben természetesen tudjuk, hogy egyáltalán nem ez történt. Az éves indítások átlagos száma például 1965 és 1985 között 120 volt ugyan, de ez után fokozatosan csökkenni kezdett, és 2005-re már nem haladta meg az 1961-es szintet (60 indítás évente). Ezt látva (4. ábra) joggal feltehető a kérdés, hogy az egész űrkutatás visszafejlődött-e a 20. század végére, és ha igen, akkor miért? Tényleg csak a két nagyhatalom hidegháborús vetélkedése volt a fejlődés motorja, majd, ahogy a versengés és a hidegháború fokozatosan megszűnt, úgy csökkent világszerte az érdeklődés és a rendelkezésre álló pénz is?

3. ábra. Jurij Gagarin





4. ábra. Hordozórakéták évenkénti indításszáma 2006-ig. (Forrás: P. Lala)

Mint az ennyire leegyszerűsített kérdések esetében mindig, a helyzet és a válasz ennél sokkal bonyolultabb. Először is tisztázni kell, hogy ez a szakterület – nevezzük űrtevékenységnek – időközben legalább négy szakágazatra bomlott szét, amelyek összefüggnek ugyan, de fejlődésük az elmúlt évtizedekben lényegében külön utakon futott. Mindegyikről érdemes külön-külön helyzetképet adni, mert enélkül aligha érthető az a helyzet, ami a világűrben 2007-re kialakult. A négy szakágazat a következő:

- Hordozóeszközök, kozmodrómok, infrastruktúra a világűrben;
- Űrtudomány, kutató műholdak, bolygóközi űrszondák;
- Közvetett és közvetlen hasznosítások, űralkalmazások;
- Űrhajózás, űrrepülés, felfedezőutak – ember a világűrben.

Hordozóeszközök

Vitathatatlan, hogy jelenleg – a prognózisokhoz viszonyítva – ezen a területen van a legnagyobb elmaradás. Majdnem minden változatlan például az 1980-as évekhez képest. Az orosz űrhajósok változatlanul a régi, több ízben tökéletesített, nagyon megbízható *Szozjuz* űrhajót és hordozórakétát használják, amelynek a neve még mindig a Szovjetunióra emlékeztet. A NASA 1981 óta a *Space Shuttle* űrrepülőgépekkel repül, bár a Challenger-katasztrófa óta műholdak pályára állításánál újra hagyományos hordozórakétákat (*Atlas*, *Titan*, *Delta*) használnak. De az űrrepülőgépek napjai meg vannak számlálva, noha 20–25 éve még minden szakember megesküdtött volna arra, hogy a többször felhasználható űrsiklóké a jövő. Mégis, a helyzet másként alakult, mert nemcsak az oroszok és a kínaiak ragaszkodnak a hagyományos, egyszer használható űrkapszulákhoz, hanem a NASA is hamarosan visszatér ehhez a megoldáshoz (CEV = Orion). Miért? A válasz egyelőre csak annyi, hogy ez az eszköz olcsóbb és biztonságosabb, bár kényelmet-

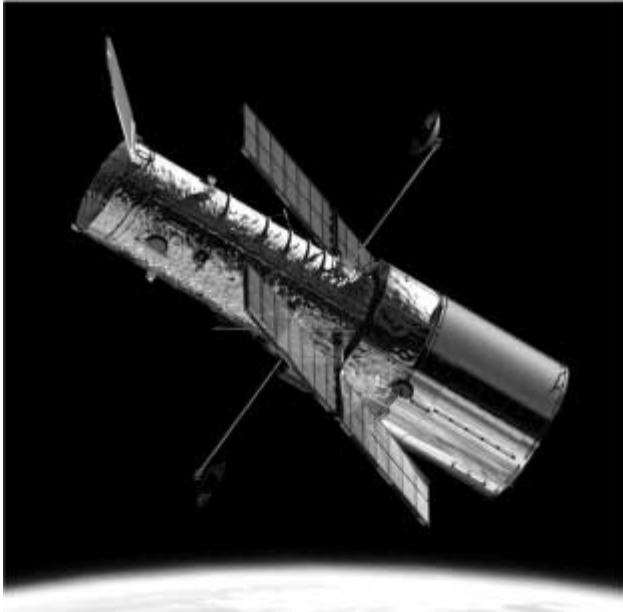
lenebb jármű a világűrbe. Aligha hiszem, hogy ezt egyetlen szakértő is megjósolta volna!

Lehet-e ezek után e területen sikerről beszélni? Tény, hogy az utóbbi évtizedekben fokozatosan nőtt a hagyományos hordozórakéták megbízhatósága. Ez nyilván összefügg az Oroszországban, az USA-ban, Ukrajnában, Japánban, Kínában és Európában egyaránt tapasztalható állami konzervativizmussal, vagyis mindenütt kerülnek a gyökeresen új megoldásokat. Igazából csak a magántőke kísérletezik néha nem hagyományos hordozóeszközökkel abban a reményben, hogy a szállítási költségeket jelentősen csökkenteni tudja. Ez évtizedek óta napirenden van ugyan, de lényeges áttörés nem történt. Lehet, hogy még mindig túl erős az államilag támogatott cégek hagyományos hordozórakétáinak konkurenciája – különös tekintettel az orosz arzenálból leszerelt kis hordozórakéták (pl. Dnyepri) megjelenésére a magánholdak piacán. Az újszerű hordozóeszközök esetében magasabbak a biztosítási költségek és nagyobb a kockázat is, ezért nem igazán versenyképesek.

Űrtudomány, űrkutatás

Ez a terület kétségkívül sikerágazat. Az űreszközök eljutottak a bolygókra vagy azok köré, kisbolygókra és üstökösök közelébe. Bár, sajnos, a tudományos célú holdak és a Naprendszer kutató űrszondák megépítése és felbocsátása változatlanul drága, de ma egy-egy műszer-csomag fajlagosan sokkal több, sokkal érzékenyebb és jelentősen megbízhatóbb műszert tartalmaz, mint néhány évtizede. Sőt, az sem újdonság már, hogy az évek óta eredményesen működő tudományos hold mellett megjelennek a szerelő űrhajósok, akik lecserélik a meghibásodott, vagy egyszerűen elavult egységeket. A *Hubble-űrtávcső* (5. ábra) többszöri javítása erre kiváló példa. De az is egyre megszokottabbá válik, hogy utólag modernebbre és tökéletesebbre cserélik egy már messze a bolygóközi térben járó űrszonda fedélzeti szoftverjét.

Sok más paraméter szerint is kimutatható a fejlődés ezen a területen. A miniatürizált, parányi kamerákkal



5. ábra. A Hubble-űrtávcső

például részletekben gazdag képeket lehet készíteni bármilyen megközelített égítest felszínéről. De jelentősen megnőtt a műszerek és berendezések megbízhatósága és élettartama is. Szabványosították a műszereket tartó és kiszolgáló talpzatokat, „buszokat” is. Ezáltal olcsóbbá váltak a kutatások, és egyre több ország engedheti meg magának, hogy önállóan, méginkább nemzetközi együttműködésben, részt vegyen a Föld környezetének, a Holdnak és a Naprendszer más égítesteinek felderítésében (pl. Japán, India, ESA, Franciaország, de kisebb mértékben Magyarország is). Noha az űrtudományra, űrkutatásra fordított összeg összességében – elsősorban a NASA és az ESA költségvetését véve figyelembe – évtizedek óta stagnál, a felsorolt tényezők hatására az űrkutatás mégis virágzik, mert ugyanakkora összegből több program finanszírozható.

Végül érdemes megemlíteni néhány pozitív és negatív fejleményt e területen. Negatív, hogy az oroszok hosszú ideje passzívak a Naprendszer kutatásának területén, noha az 1980-as évekig a Szovjetunió fontos szerepet játszott a bolygók és üstökösök vizsgálatában. Ugyancsak sajnálatos tény, hogy az óriásbolygók felé még mindig csak a NASA indít űrszondákat (*Galileo*, *Cassini*, *New Horizons*). Különösen feltűnő, hogy évtizedek óta napirenden van ugyan egy a Mars felszínéről mintát hozó szonda terve, az mégsem halad a megvalósítás felé.

Pozitív fejlemény viszont a „kozmosz biliárd” vagy „hintamanőver” egyre elterjedtebb alkalmazása, és minden várakozást felülmúló sikere. Az ok nyilván a pályaszámítási technika döbbenetes fejlődésében keresendő. E megoldással nemcsak olcsóbbá válik a bolygószondák indítása, hanem lehetővé teszi „másodlagos célpontok” (kisbolygók, üstökösök) vizsgálatát is.

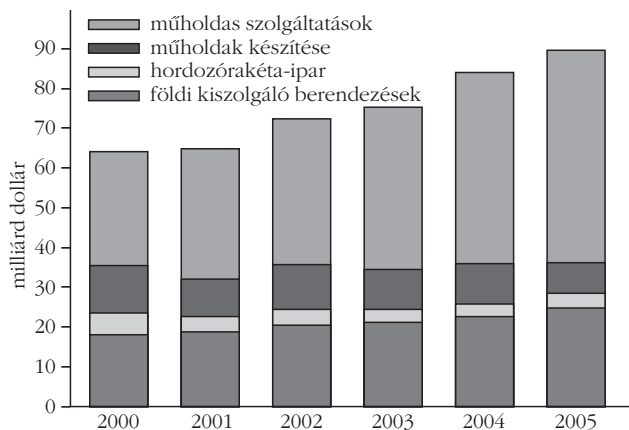
Kedvező fejlemény az is, hogy ezen a szakterületen harmonikus együttműködés alakult ki az űrügynökségek között. A közös fejlesztésű űrszonda vagy tudományos hold immár nem kivétel, hanem szabály (és

elsősorban az ESA-ra jellemző). Több űrtudományi területen – elsősorban a napfizikában, de a magnetoszféra-ionoszféra-felsőléggör kutatásában is – szoros kapcsolat alakult ki a gyakorlati alkalmazásokkal, hiszen a Nap földi hatásai a mindennapi életet is befolyásolják. Rengeteg értékes tudományos eredmény született e holdak és szondák segítségével: többek között megismertük a Naprendszer égítesteit, valamint feltárult a csillagvilág a teljes elektromágneses spektrumban. Ma már túlzás nélkül kijelenthető, hogy nincs is modern csillagászat a légkörön túlról végzett megfigyelések nélkül. Olyan fontos, új tudományterületek születtek az űreszközök hatékony közreműködésével, mint a röntgenszállagászat, az űr-VLBI a rádiócsillagászatban (nagy bázisvonalú rádió-interferometria), az űr-asztrometria, vagy a gammakitörések felfedezése és vizsgálata. Végül érdekességként megemlíthető, hogy ma már rengeteg üstökös felfedezése (amely tevékenység régebben az amatőr csillagászok hagyományos vadászterületének számított) a napfizikai holdaknak a Nap közvetlen közelét mutató felvételei alapján történik.

Gyakorlati alkalmazások

Nem kétséges, hogy ezen a területen születtek a legváratlanabb és életünkre legnagyobb hatású eredmények. Természetesen léteznek bizonyos szakterületek, ahol kezdettől fogva nyilvánvaló volt, hogy a 3. dimenzió megjelenése, vagyis a nagy magasságok hasznosítása forradalmasíthatja a szolgáltatást. Ilyen volt a *meteorológia*, mivel a műholdak kezdettől fogva egész kontinensek felhőzetének felülről történő, „real time” áttekintését tették lehetővé. Ez nyilvánvalóan nagymértékben segítette az időjárás előrejelzését. Ilyen volt a távközlés is, ahol a magasan repülő műholdakkal a hangvagy képátvitel akár az óceánokon keresztül is lehetségessé vált. Később a meteorológia kiegészült a Föld felszínének különböző színképtartományokban történő fényképezésével, illetve a radaros megfigyelésekkel a világtérből (*űrtávérzékelés*).

Gyors és viszonylag zökkenőmentes volt a fejlődés az *űrtávközlés* területén, ahol a közvetítő műholdak gyorsan benépesítették a kitüntetett helyzetű geostacionárius pályát. Kellő sugárzási teljesítmény esetén ugyanis a geostacionárius holdak vétele a Föld felszínéről (a sarkvidékek kivételével) könnyen és olcsón megoldható, mert a vevőantennát csak az égbolt egy fix pontjára kell irányítani. (A geostacionárius hold ugyanis keringés közben mindig az Egyenlítő azonos pontja fölött, 36 ezer km magasságban marad.) Az egyre növekvő igények kielégítésére az igénybe vett frekvenciasávok egyre magasabbra csúsztak, és a közvetítő holdak keskeny nyalábokkal célozták meg a felhasználókat. A technikai részletek helyett inkább az a lényeges körülmény, hogy a polgári célú űrtávközlés hamar üzleti vállalkozássá vált, nem igényelt többé állami támogatást, és szinte teljesen elszakadt attól az állami űrpolitikától, amelyet a nagy űrügynökségek világszerte képviselnek.



6. ábra. Az űrtevékenységből származó bevételek megoszlása és növekedése 2000. és 2005. között (forrás: J. Logsdon, SIA).

Az űrtávérzékelés területén is hasonló folyamat kezdődött, de nem fejeződött be. A probléma abban rejlik, hogy az űrfelvételek egy jelentős része olyan közkinccs, amely áruba nem bocsátható. Ilyenek elsősorban a meteorológiai felvételek, de például természeti katasztrófák idején sem illik pénzt kérni a helyzet felméréséért. E problémának ugyanakkor van egy másik oldala is: bizonyos, nagy felbontású űrfelvételek olyan stratégiai (esetleg katonai) jellegű információkat tartalmazhatnak, amelyek terjesztése egyes országok biztonságát veszélyeztetheti. Vagyis az űrtávérzékelési piacnak az űrtávközléshez hasonló, teljes privatizációja nem valósult, mert nem valósulhatott meg. A szakágazatot mind a mai napig kettősség és bizonytalanság jellemzi: például nincs rögzítve, hogy a meteorológiai célú, ingyen hozzáférhető felvételek milyen vizsgálatokhoz használhatók és milyenekhez nem.

Tulajdonképpen tökéletes meglepetésként jött létre az elmúlt évtizedben az alkalmazások harmadik nagy piaca, a *navigáció és helymeghatározás* műholdak segítségével. Az eredetileg kifejezetten katonai célra létrehozott, amerikai GPS-rendszer olyan hasznosnak bizonyult, hogy, mindenféle korlátot áttörve, széles körben elterjedt az egész világon (bizonyos mértékig kiegészítve az orosz GLONASSZ-rendszerrel). Éppen a katonai jelleg miatt ez megmaradt ugyan ingyenes szolgáltatásnak, de a hozzá tartozó GPS-vevőberendezések, szoftverek már üzleti alapon kerültek forgalomba. Ez óriási piaccá vált, különösen amióta nemcsak hajók, repülőgépek és műholdak, hanem személyautók és turisták is GPS-szel navigálnak az országutakon, sőt a városokban is.

Ezek a felhasználók szinte már nem is tudják, hogy nemcsak a telefonhívásuk és a televíziójukon látható műsor, hanem az autójuk navigálása is műholdakon keresztül terjed. Ma már elképzelhetetlen a katasztrófaelhárítás, a környezetvédelem, a térképészet, a várostervezés, az ásványi kincsek feltárása, a vízgazdálkodás, az óceanográfia, de még a nagyüzemi mezőgazdasági termelés is űrtechnika nélkül. Az alkalmazások száma gyorsan növekszik, és egyben gyorsan nő azon (főleg fejlődő) országok száma is, amelyek az űrtechnikát veszik igénybe napi gondjaik megoldásá-

hoz. A rendelkezésre álló, néhány deciméter felbontású űrfelvételek mindenütt sikerrel alkalmazhatók, ahol a helyzetet gyorsan és megbízhatóan – esetleg nehezen megközelíthető területen – kell felmérni. Ha viszont felhők akadályozzák az optikai űrtávérzékelést, akkor be lehet vetni az egyre elterjedtebb radarholdakat. Nagy jövő előtt áll az utóbbi két alkalmazás, vagyis a távérzékelés és a navigáció összekapcsolása egyetlen rendszerre: a felhasználó a kézben tartható műszerrel nemcsak felülről látja környezetét, hanem pontos helyzetét is ismeri a terepen.

De az űralkalmazások területe sem csak sikertörténet. Emlékezetes például, hogy 1999 körül a nagyszámú, alacsony pályán keringő közvetítő holdra alapozott közvetlen telefonrendszerek (*Iridium*, *Globalstar*) csődbe mentek, mert a piac nem igényelte ezt a viszonylag drága szolgáltatást. Az egész űrparajdnem belerokkant ebbe a tévedésbe. Sajnos könnyen lehet, hogy a közeljövőben Európa is hasonlóan nehéz helyzetbe kerül, ha az európai navigációs holdak rendszere, az évek óta drágán kifejlesztett *Galileo*-program elakad.

Vannak olyan lehetséges alkalmazási területek is, ahol – a korábbi várakozások ellenére – még kísérleti programok sem indultak. Ilyen például az olcsó és tiszta energia termelése a világűrben, és lesugárzása földi hasznosításra. De abból sem lett semmi, amit a Szovjetunióban terveztek, hogy hatalmas tükörműholdakkal biztosítják a távoli északon fekvő városaik közvilágítását. Ennél realisabb célkitűzés volt, hogy az űrállomások fedélzetén végzett anyagtudományi kísérletek eredményeképpen kedvező tulajdonságú új anyagok szülessenek, és ezért érdemes magántőkével gyártókapacitást telepíteni a világűrbe. Mindez az elmúlt évtizedekben nem valósult meg, sőt talán még azt is kimondhatjuk, hogy közelebb sem került a megvalósuláshoz. Mindezek ellenére az űralkalmazások területe gazdaságilag sikeresen fejlődött az elmúlt években is, mint ezt a 6. ábra bizonyítja.

Emberek a világűrben

Ez az egész űrtevékenység legvitatottabb és legellentmondásosabb területe. Mindenekelőtt azért, mert a nagyhatalmak állami űrköltségvetésük túlnyomó részét erre fordítják, ugyanakkor az eredményesség megkérdőjelezhető. Mivel külön tanulmányt igényelne annak vizsgálata, hogy mennyire hasznos vagy haszontalan az ember jelenléte a világűrben (egyrészt gazdasági, másrészt politikai, illetve stratégiai szempontból), ezért most csak arra szorítkozunk, hogy áttekintsük a sikereket és a kudarokat ezen a területen is.

Sikernek tekinthető, hogy emberek jelenléte a világűrben folyamatossá vált az elmúlt fél évszázadban. Először a *Mir*; majd a *Nemzetközi Űrállomás* lakói bizonyították, hogy egyrészt a különböző nemzetiségű és kultúrájú űrhajósok képesek békésen és harmonikusan együtt dolgozni, másrészt azt, hogy a világűrben való tartózkodás (a súlytalanság, a magasabb sugárzási szint stb.) akár egy éven keresztül is elvisel-

hető, nincsenek visszafordíthatatlan, káros hatásai. Az a félezer űrhajós, aki eddig kipróbálta a súlytalanságot, vitathatatlanul sikeresen és eredményesen végezte munkáját – mind az űrállomások belsejében, mind a szabad világűrben, mind a Hold felszínén. Nem rajtuk múlott, hogy ezen a területen immár évtizedek óta stagnál a fejlődés, hiszen ma is csak 2–3 űrhajós dolgozik egyetlen űrállomáson, akárcsak húsz–harminc évvel ezelőtt. Ez a tény önmagában is ellentmond minden tervnek és előrejelzésnek.

Egyébként az, hogy jelenleg egyetlen építményben, az épülő Nemzetközi űrállomáson koncentrálódik minden infrastruktúra, amely embereknek a világűrben való tartózkodásához szükséges, önmagában is világosan jelzi a program sérülékenységet és veszélyeit. Valószínű, hogy ha a Nemzetközi űrállomással komolyabb baleset történne, akkor évtizedekre megszakadna az egész emberes űrprogram, mivel sem tartalék létesítmény, sem pénz nem lenne a kiesett kapacitás pótlására. Ugyanakkor jelenleg minden hivatalos, távlati űrprogram (*Space Exploration*, illetve *Global Exploration Strategy*) űrbeli felfedezőutakat, holdbázisok építését, sőt Mars-utazást tervez a következő két évtizedben. Lesz ebből egyáltalán valami? A kérdés jogos, mert az *exploration program* még egyáltalán nem jutott túl azon a kritikusi ponton, ahonnan kezdve befejezni már könnyebb, mint leállítani. Mindenesetre növeli az esélyeit, hogy idén május 31-én a világ 14 legnagyobb űrügynöksége együttműködési megállapodást (*Global Exploration Strategy*) írt alá, amely lényegében a NASA „space exploration” programjának közös megvalósítására vállalkozik. Bár a megállapodás részleteket nem tartalmaz, jelentősége mégis óriási a 21. század űrhajózási kilátásai szempontjából. (Megemlítjük, hogy a magyar sajtó erről a megállapodásról nem tartotta érdemesnek beszámolni.)

A space exploration „víziója”, amelyet *Bush* elnök még 2004 januárjában jelentett be, az elmúlt két évben formát öltött, és terv jellegűvé vált. Már ismeretes, hogy milyen új űrhajókat és hordozórakétákat rendel a NASA a Hold-utazás megvalósítására, mintegy 2020-ig elkészült a menetrend tervezete is, és most, ezzel a megállapodással a program „nemzetköziesítése” is megkezdődött. Mindez nem jelenti azt, hogy az egész feltétlenül úgy fog megvalósulni, ahogy napjainkban a NASA tervezi. A Nemzetközi űrállomás építésének eddigi hányatott története tanulságos példa arra, hogy mire lehet számítani: gazdasági és politikai problémák, balesetek hátráltathatják az előrehaladást, ennek eredményeként pedig csökkenhet, illetve időben eltolódhat az egész program. A *Challenger*, illetve a *Columbia* tragédiái annak idején nemcsak évekre leállították, de alapvető veszélybe is sodorták az emberes űrprogramot annak ellenére, hogy ilyen jellegű baleseteket eleve kizárni, lehetőségét tagadni naivítás lenne.

Véleményem szerint e fontos terület, vagyis az emberes űrprogramok küszködése az elmúlt évtizedekben alapvetően arra a tényre vezethető vissza, hogy a legutóbbi időkig szinte csak két nagyhatalom (USA, Oroszország) állami űrköltségvetése volt az egész



7. ábra. Charles Simonyi/Simonyi Károly, az űrturisták egyike

vállalkozás alapja. Kína belépése szerény mértékben ugyan, de kétségkívül változtatott a helyzeten. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a korábban tárgyalt másik három területen – hordozórakéták, űrtudomány, űralkalmazások – sokkal szélesebbek a felhasználható források: mindenekelőtt a magántőke, de a kisebb országok széles skálájának szerényebb, de összességében jelentős űrköltségvetése is.

Milyen megoldás lehetséges annak érdekében, hogy az emberes programok sérülékenysége megszűnjön, és a fejlődés folytatódjon? (Tekintsünk most el azon kisebbség véleményétől, amely legszívesebben teljesen leállítaná az emberek repüléseit a világűrben!) Tökéletes megoldás – mint ez a másik három területen is bebizonyosodott – nem létezik, de az ottani tanulságok hasznosíthatók lehetnének. Ilyen például a több forrásból származó költségvetés szükségessége, a magántőke bevonása, a piac igényeinek fokozott kielégítése stb.

Az emberes űrprogram esetében a kínálkozó lehetőség az *űrturizmus* (7. ábra) elterjedése lehet. Még nem említettük, de az utóbbi néhány év fontos fejleménye, hogy néhány gazdag civil – horribilis összegért – látogatást tehetett a Nemzetközi űrállomáson. Az, hogy ezekre a számunkra felfoghatatlanul drága utakra bőven akadt jelentkező, és öt személy különösebb probléma nélkül végre is hajtotta már az űrutazást, ígéretes fejlemény. Ugyanakkor elsősorban az USA-ban, de újabban másutt is folyik űrturisták toborzása új fejlesztésű hordozóeszközökkel (lényegében kis űrrepülőgépekkel) történő „űrgrásokra”, legalább 100 km magasságig (8. ábra). A jegyek ára nem olcsó, de töredéke az igazi űrturizmusra vállalkozókénak. Új-Mexikóban számukra speciális, kereskedelmi űrrepülőter is létesül. Mindez igazából csak áttételesen kapcsolódik az „emberes űrprogramok” témaköréhez, mivel – mint említettük már – jelenleg csak az tekinthető űrhajósnak, aki járművével legalább egyszer megkerüli a Földet. A 100 km-es magasság hivatalosan nem számít a világűr határának. Ennek ellenére az „űrgrások” tömeges végrehajtását ígérő magáncégek (*Scaled Composites*, *Planetspace*, *Rocketplane*, sőt az európai *EADS* is) segíthetnek abban, hogy meginduljon a magán-hordozóeszközök párhuzamos fejlődése. A kezdeti űrgrások tömeges sikere esetén azután az egész „orbitális űrturizmussá” fejlőd-



8. ábra. SpaceShipOne, az első magán-űrrepülőgép

hetne, saját hordozóeszközökkel, „űrhotellekkel” és infrastruktúrával. Természetesen ez a lehetséges űrturistaprogram szintén csak a kezdet kezdetén tart még, és – akárcsak a „space exploration” maga – bármikor elakadhat, akár egy baleset hatására, akár gazdasági okokból. Hozzáteszem, hogy ezen a területen a jogi szabályozás is nagyon hiányos még: a *világűrjog*, amely lényegileg a hetvenes évek óta stagnál, és nem állt elő egyetlen új, kötelező érvényű nemzetközi megállapodással sem, adós még e tevékenység szabályainak megalkotásával.

Így áll tehát az űrtevékenység ötven évvel a kezdetek után. Nagy kérdés, hogy az űrkorszak adott-e új, globális identitást az emberiségnek, vagy csak a versengést, s vele együtt a nemzeti identitásokat erősítette? A történészek feladata lesz, hogy tisztázzák az űrtörténelem és a nemzeti történelmek kapcsolatát, illetve összefüggését az olyan folyamatokkal, mint a globalizáció. Annak eldöntése is a történészek feladata, hogy milyen politikai és gazdasági szerepet játszott az űrtevékenység a hidegháború korszakában, illetve az azt követő időszakban. A magam részéről meg vagyok győződve arról, hogy az elmúlt fél évszázad története nem írható meg anélkül, hogy értékelnénk a világűrbe való kilépés következményeit és tanulságait.

Irodalom

- Almár I.: Kutatómunka mesterséges holdakkal. *Fizikai Szemle* 7/2–3 (1957) 53.
 Almár I.: Új problémák és eredmények az asztronautika területén. *Fizikai Szemle* 9/10 (1959) 299.
 Almár I.: A Hold, a bolygók és a csillagok vizsgálata az űrkutatás eszközeivel. *Fizikai Szemle* 21/8 (1971) 248.
 Almár I., Both E.: A magyarországi űrtevékenység dióhéjban. *Fizikai Szemle* 54/3 (2004) 73.
 Almár I., Galántai Z.: *Ha jövő, akkor világűr*. Typotex, Budapest, 2007.
 Horváth A., Szabó A.: *Űrkorszak*. Ekren, 2007.

KUTATÁS – VERSENYKÉPESEN

Az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet 2007. októberében ünnepli jogelődje, az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézete alapításának 50. évfordulóját. Ez egybeesik az MTA intézethálózati konszolidáció során a másik jogelőddel, a KFKI Anyagtudományi Kutató Intézettel végrehajtott egyesítés 10. évfordulójával. Köszönjük a *Fizikai Szemle* szerkesztőségének a lehetőséget, hogy a rendszeres publikációs megjelenéseken túl ebből az alkalomból koncentráltan is bemutatkozhatunk.

A jubiláló intézmény történetének áttekintése helyett álljon itt néhány, az alapítással kapcsolatos citátum. Az alapító igazgatónak, *Szigeti György* akadémikusnak az MTA Műszaki Osztályához címzett, az alapítás szükségességét szakmailag megindokoló előterjesztéséből idézünk 1956-ból:

„Az anyag szerkezetének megismerésére irányuló fizikai és kémiai kutatások eredményeképpen az utóbbi évtizedben olyan eszközök (anyagok) kerültek kifejlesztésre, melyek a híradástechnika, kohászat, villamosenergetika és a műszaki élet egyéb területein forradalmi változásokat hoztak létre, illetve az eddigi előjelek szerint létre fognak hozni.

Ilyen eszközök többek között:

a) A *tranzistorok*, melyek nagyon sok területen az elektroncsöveket fogják kiszorítani; fűtőáramot nem igé-

nyelnek, anódfeszültségük töredéke az elektroncsövekének, méretük rendkívül kicsiny, élettartamuk nagy.

b) Erősáramú *félvezetők* és egyenirányítók, 97–99% egyenirányító hatásfokkal, 6–8 A/cm² egyenirányított árammal. Hírek szerint ezeket elektromos mozdonyok tápáramának egyenirányítására szándékoznak felhasználni, ami által nagymértékben egyszerűsödne az elektromos vontatás kérdése.

c) Félvezetők segítségével sikerült fényelemeket előállítani, amelyek a napfényt (jelenleg) maximum 11%-os hatásfokkal alakítják át közvetlenül elektromos energiává 110 W/m² energiasűrűséggel, és így a jövő energiaellátása szempontjából esetleg az atomenergiával egyenlő súllyal veendő tekintetbe.

d) Kísérletek folynak világszerte, amelyek arra látszanak utalni, hogy a félvezetők szerepe a világítás-technikában is döntő jelentőségű lesz (elektrolumineszcencia).

e) *Nagyon tiszta fémek és félfémek előállítása*, vizsgálata és ennek keretében a zónatisztítás és vákuumolvasztás technikájának alkalmazása. [...]

E problémakörrel való foglalkozás többek között azért kíván feltétlenül külön intézetet, mert *a problémák és a kutatási módszerek alapvetően különböznek a fizikában és kémiában eddig megszokottaktól*. E területen a kutatás az anyagtól kémiai tisztaság és