

A kísérletezésnek ezt a világűrre való kiterjesztését a radartechnika és a rakéatechnika kifejlődése hozta meg.

Amikor a második világháború folyamán, akkori tudományos elszigeteltségünkben, nehéz körülmények között, de a magyar lakosság és a magyar városok védelmének gondolatával, radartechnikánkat kifejlesztettük, elérkezettnek láttam az időt, hogy munkatársaimnak javasoljam: most, hogy egy új technika birtokába jutottunk, használjuk azt egy fundamentális fizikai feladat megoldására. Küldjünk mikrohullámú jeleket a Holdra, és észleljük azok visszaverődését. Ez 1944 tavaszán történt, s mindjárt el is kezdtük az elméleti vizsgálatokat és a szükséges műszerek megépítését. Az akkori idők viszontagságai és háborús pusztításai után végül is két év elteltével sikeres kísérleteket tudtunk végrehajtani.

Azóta sokan megkérdezték tőlem: mi indított engem erre a kísérletre, aki nem vagyok csillagász? Válaszom az volt, hogy bennem gyermekkoromtól fogva megvolt az érdeklődés a csillagos ég tüneményei iránt.

Érdekes megemlíteni, hogy ugyanabban az időben volt valaki Amerikában is, aki nem volt csillagász, de akit hasonló módon vonzottak mindig (mint később megtudtam) a csillagos ég látványai: *J. H. Witt* műsza-

ki ezredes, az amerikai radartechnika egy kitűnő munkása. (Persze, ellenséges államok polgárai lévén, egymásról nem tudtunk.) Az amerikaiak 1946 január közepén, mi február elején végeztük az első sikeres kísérleteket. Az amerikaiak mikrohullámú felkészültsége jobb volt, viszont mi a „szegénységünket” olyan elv alkalmazásával pótoltuk, amely azóta általánosan elfogadott és használt: a jelisméltés és jelösszegzés módszere.

Az amerikai és a magyar holdradar-kísérletek nyomán a csillagászatnak egy új ága fejlődött ki az Egyesült Államokban, Angliában, Ausztráliában, Kanadában és a Szovjetunióban, a *radarcsillagászat*. Előbb a Naprendszer közeli bolygóit, utána a távoli bolygókat s azok holdjait ölelte fel a radarészlelés: sikeresen térképezte egyes bolygófelületek optikailag nem hozzáférhető részleteit.

Azelőtt el nem érhető pontossággal állapította meg a radarcsillagászat a bolygó- és holdpályák méreteit. A Nap-Föld-távolság (az úgynevezett asztronómiai egység, mintegy 150 millió kilométer) ma 1 kilométernél kisebb hibával ismeretes. A Föld és Hold között működő fényradar segítségével ma a Holdnak mindenkori tőlünk való távolsága (körülbelül 400 ezer kilométer) néhány centiméteres hibahatárral adható meg.

Az előadás-kézirat születési körülményeiről

Bay Zoltán 120 évvel ezelőtt, 1900. július 24-én született. A sorsom úgy hozta, hogy 1986–1987-ben két évig a George Washington University (Washington D.C.) vendégprofesszora voltam, és személyes jó viszonyba kerülhettem az amerikai fővárosban élő Bay Zoltánnal. 1987 augusztusában részt vehettem az Amerikai Egyesült Államokban és Kanadában élő magyarok „Magyar Baráti Közösség” nevű szervezetének szokásos évi összejövetelén, ahol Bay Zoltánt egy előadás megtartására kérték fel a szervezők. A 87 éves Bay professzor az előadáshoz elkészítette *A világűr-kísérletek jövője* című, mechanikus írógéppel szerkesztett kéziratát, és az Ohio állambeli Lake Hope (Reménység Tava) pihenőparkjában az észak-amerikai magyarok egyhetes találkozásán megtartotta előadását. Az ehhez készített kézirat egy példányát dedikálva feleségemnek, *Kádárné Nagy Annának* és nekem ajándékozta. Tudomásom szerint ez a gondolatokban gazdag írás eddig nyomtatásban nem jelent meg.

Bay Zoltán születésének 120. évfordulóján méltónak és igazságosnak tartom, hogy ez a 33 éve született, minden bizonnyal egyedi, gondolatokban gazdag, eddig nem publikált kézirat a *Fizikai Szemlében* nyilvánosságra kerüljön. A teljes faksimile kéziratot, annak címlapjára kattintva töltheti le a Tisztelt Olvasó.

Kádár György
kutató professzor emeritusz
EK Műszaki Fizikai és
Anyagtudományi Intézet

Annának és Annának
Bay Zoltán
Bay Zoltán, The American University,
Washington, D.C.

A világűr-kísérletek jövője.

at
A Challenger ingajáratu űrhajó felrobbanása óta (1986, január) a Cape Kennedy floridai rakétakilövő állomáson azelőtt nem tapasztalt csend uralkodik. Az Egyesült Államoknak eddig sok ezerre menő rakétakibocsátása most szünetel, de ez nem jelenti a kísérletezés feladását. Az állomást kiszolgáló iparok lázasan dolgoznak a kilövések technológiájának tökéletesítésén. A National Aeronautics and Space Administration (NASA) elkészült a Föld körül keringő űrlaboratórium költségelőirányzatával, mely több, mint 30 milliárd dollárba rúg. Az összegből kb. 10 milliárd a kibocsátások technikájának javítását és az űrben történő szerencsétlenségek esetén a kísérletező személyek megmentésének módjait szolgálja. A terv szerint az űrlaboratórium, mely az eddigi Skylab pótlását, nagyobbítását és tökéletesítését célozza, a kilencvenes években kerül megvalósításra. A tervben benne van, persze, tökéletesítése az ingajáratoknak, melyek a Föld és az űrlaboratórium közötti közlekedést szolgálják. Az előirányzat fő vonalaival az elnök tudományos tanácsadó bizottsága egyetért és remélhető, hogy a költségvetést a Kongresszus is elfogadja.

Örvendetes jelenségnek kell elkönyvelni, hogy a Kongresszus remélhetőleg végre ráébredt, hogy az űrkísérleteket támogatnia kell. Kiábrándító volt az utóbbi években az a renyhesség és szűkkeblűség, mely elzárkózott pl. a *Halley* üstökös közlekedéséről való kiphatolásától. Szerencsére a Szoviet Unió, Japán és az európai államok pótolták az így előálló hiányt. Méltó, hogy a világ leggazdagabb állama továbbra is vállalja azt az élen járó szerepet, mellyel az elmúlt évtizedekben az űrkutatást támogatta.

Bay Zoltán eredeti kéziratának címlapja a Kádár Györgynek és feleségének szóló ajánlással.

Nagy ugrást jelentenek ezek és más hasonló eredmények a Naprendszer ismeretében. De ezeken kívül a radarcsillagászat elkönnyvelhet 3 olyan eredményt, amelyek már nem csupán csillagászati fontosságúak, hanem fizikai tudásunk alaperedményei is.

1) Bebizonyosodott, hogy a naptányér³ közelében elhaladó rádióhullámok az ottani erős gravitációs térben *késnek*. Igazolja ez az általános relativitáselméletnek azt az elgondolását, hogy a gravitáció a tér szerkezetének megváltozásával azonos értékű. Ha a gravitáció régi felfogása szerint azt mondanánk, hogy a fénynek tömege van és azt a Nap gravitációja gyorsítja, akkor a fénynek *sietnie* kellene, ellentétben a radarmegfigyeléssel. Tehát: a tér a Nap nagy tömege közelében „nemeuklideszi” (úgy is szokás mondani, hogy „görbült tér”), és a fénynek ott hosszabb utat kell bejárnia. Ez a kísérlet, amelyet *I. I. Szapiro* amerikai fizikus végzett el a Mars bolygóra leszállott *Viking* űrhajók⁴ segítségével, igazolja *Einstein* általános relativitáselméletét, de igazolja a magyar *Bolyai János* is, kinek egy több mint 100 évvel ezelőtti kéziratában *Toró Tibor* temesvári elméleti fizikus a következő kijelentést fedezte fel: „... a nehézkedés törvénye szoros összeköttetésben mutatkozik az űr természetével.” Bolyai János tehát nemcsak első volt a nemeuklideszi geometria gondolatával, de megsejtette annak a természetben való jelentőségét is.

2) Bebizonyosodott, hogy a Föld és a Hold a Nap gravitációs terében egyforma gyorsulással esnek. A Föld és Hold között működő fényradar említett igen pontos méréseit analizálva *K. Nordtvedt* amerikai fizikus a két igen különböző test gyorsulásait megegyezőnek találta, és rámutatott, hogy ez az eredmény *Eötvös Loránd* földi kísérleteinek egy celesztialis⁵ méretekre való kiterjesztését jelenti: a gravitációs és a tehetetlen tömeg azonos.

3) Bebizonyosodott, hogy annak dacára, hogy a Naprendszerünk a Galaxisban igen nagy sebességgel (körülbelül 300 kilométerrel másodpercenként) mozog, a rendszer két pontja (bolygója) között mért egyirányú fénysebesség *invariáns* (független a rendszer sebességétől). Betetőzése ez azoknak a földi kísérleteknek, amelyek a speciális relativitáselmélet empirikus megalapozására szolgáltak, de amelyek ezt az invarianciát nem tudták bizonyítani.

A radarkísérleteknek az űrre való kiterjesztése után rövidesen megindult az űrkísérletek⁶ másik faja: rakétáknak az űrbe való kibocsátása.

A nagyfokú technológiát, amely ahhoz szükséges, csupán a két szuperhatalom tudta kifejleszteni: az Egyesült Államok és a Szovjetunió. Az Egyesült Államok rakétasorozatai⁷ az *Apollo*, *Pioneer*, *Mariner*,

Viking, *Voyager* nevet viselték. A Szovjetunió rakétákat bocsátott ki a Hold, Mars, Vénusz felé, utóbbiak neve *Venera*⁸ és *Vega*.

Legismertebb az űrrakéták között az embereket a Holdra juttató *Apollo* sorozat. (Az utasokat vivő rakéták költsége 50-100-szorosa a műszereket a világűrbe kivívó űrhajóknak, mert előbbiek sok óvintézkedést és igen bonyolult és biztos számítástechnikát igényelnek.) Mindkét nagyhatalom fenntart egy viszonylag nem nagy magasságban (néhány száz kilométer) keringő űrlaboratóriumot,⁹ főleg annak kikísérletezésére, hogy az emberi szervezet hogyan reagál a hosszú ideig tartó súlytalanságra. Fontos ez a későbbi emberi utazásokra, ha bolygók meglátogatására fog sor kerülni.

Az *Apollo* misszió keretében már összesen 12 emberünk járt a Holdon. Értékes holdanyagot hoztak vissza, amelynek laboratóriumi kipróbálása még tart, s információkat hozhat a Hold geológiájának és a Naprendszer keletkezésének megértésére. Ez a misszió az előkészítés, tervezés és kivitelezés diadala volt. Amikor a Holdra leszállott kisebb űrhajó visszatért a Hold körül keringő nagyobb egységhez (amely azután az utasokat hazahozta), másodpercnyi pontossággal és a felemelkedés technikájának rendkívül szűk határok közötti alkalmazásával kellett elérni, hogy a két jármű a Hold körüli térben találkozzék. Olyasmi volt ez, mint a cirkuszi trapézművészek mutatványai, hogy egymást a különböző kötélíngák lengései közben elérjék. Az *Apollo-13* járaton a Hold közelében egy nem várt robbanás meghiúsította a leszállást, s lenn a Földön technikusok és laikusok lélegzetvisszafojtva várták, mi fog történni. Végül is az ottani és a földi irányítók lélekjelenléte és intézkedései megmentették a misszió 3 utasát: azok épen hazajöttek. Sokan azt mondtuk akkor, talán ez nagyobb teljesítmény volt, mint a Holdra leszállás.

A többi említett űrhajósorozat¹⁰ nem embereket, hanem műszereket vitt a Naprendszer bolygóihoz. A rádióval visszajelentett információk tömegének feldolgozása még folyik, de máris érdekes kép van kialakulóban a Naprendszer keletkezéséről.

Hogy Naprendszerünk (és mi magunk is) egy *nóvák* és *szuperenovák* által a világűrbe kilövellt gáztömegből alakult ki, nem kétséges. Mialatt ez a gáztömeg a gravitáció következtében összehúzódott, felmelegedett. A gáztömeg közepén alakult ki a Nap, s a Nap közelében levő melegebb gáztömegben kondenzál(ód)tak a nehéz fémek és fémvegyületek. Ezért a Naprendszer belső bolygóinak nagy a sűrűsége, míg a külső bolygók főképpen könnyebb elemeket tartalmaznak.¹¹ A belső bolygók a könnyű elemeket, fő-

³A magyar szakirodalomban napkorong.

⁴Az ember nélkül közlekedő, bolygóközi űrjárműveket nem űrhajóknak, hanem űrszondának nevezzük.

⁵Magyarul égi.

⁶Egy hordozórakéta indítása ebben a korszakban már nem tekinthető rakétakísérletnek (űrkísérletnek se).

⁷Ezek nem rakéták, hanem a velük végrehajtott űrprogramok nevei.

⁸Magyarul Venera.

⁹Valójában akkor még csak a Szaljut-7 és a Mir űrállomások keringtek a Föld körül.

¹⁰Helyesen űrszonda.

¹¹Azóta az exobolygók tömeges felfedezése kiderítette, hogy a mienktől nagyon eltérő bolygórendszerek is léteznek a Tejútrendszerben. Ezért a Naprendszer keletkezésének korábban elfogadott elmélete aligha lehet általános érvényű folyamat.

képpen a hidrogént, még keletkezésük után elvesztik, különösen, ha kis tömegük nem tudja azokat gravitációval visszatartani. A Merkúrnak és a Holdnak ezéért nincs légköre.

Azt lehetne gondolni, hogy a Vénusz, Föld, Mars, amelyek egyforma tömegűek s amelyek a Nap sugárzásában is nagyjából egyforma módon részesülnek, hasonló klímát élveznek. Mégis, a Szovjetunió *Venera* űrhajói és az amerikai *Mariner-2* azt tanúsítják, hogy a Vénuszt forró, sűrű légkör veszi körül (90–100 atmoszféra nyomáson és 450 °C hőmérsékleten). Példája ez egy elszabadult „üvegház”-effektusnak: a széndioxid-légkör átveszi a Nap látható sugárzását, de visszatartja a bolygó infravörös kisugárzását.

A Vénuszt a sok hasonlóság miatt szokás a Föld iker-testvérének is nevezni, de ezek a legújabb űrvizsgálatok megmutatták, hogy a wagneri ária „édes alkonycsillaga” a földi ember „pokol” elképzeléséhez jár közelebb: a forró sűrű széndioxid-légkörben kénsav- és fluorsav-eső esik a bolygó felületére, amelynek hőmérsékletén megolvad az ólom. A Vénusra leejtett *Vega* műszerpróbák egy-két óra hosszúig „éltek”, de azalatt értékes információkat jelentettek vissza a Földre.

Mi van a Föld másik iker-testvéreivel, a Mars bolygóval?

Schiaparelli olasz csillagásznak múlt századi megfigyelései és látomásai óta az emberi képzeletet Mars-csatornák és Mars-lakók népesítik be.

Az Egyesült Államok két *Viking* missziót küldött a Marsra, főképpen azzal a céllal: keressenek ott életmegnyilvánulásokat. Mindkét misszió tökéletes volt technikailag; a Mars körüli keringésre beállított űrhajók¹² kisebb műszerhajókat¹³ küldtek le, amelyek sikeresen leszállottak a bolygó felületére, és kísérleteket végeztek a Földről jövő utasításokra. A műszerhajók fotográfiai bizony nem mutattak a gép körül ólálkodó Mars-lakókat, de még a talajból felvett anyagok kémiai vizsgálata sem árult el semmi olyan anyagcsérét, amelyet a legegyszerűbb biológiai „élet”-nek lehetne nevezni.

A Marsnak igen ritka, főleg széndioxidot tartalmazó légköre van (a légnyomás mintegy fél százaléka a mi atmoszféránknak). A bolygófelület ma sivatag, de olyan hegyekkel és völgyekkel, amelyek arra mutatnak, hogy a múltban erőteljes vízfolyások alakították a felszínt. Ha a Marsnak a múltban tengerei és folyamai voltak, persze az sincs kizárva, hogy élet volt a bolygón, amelynek nyomai megtalálhatók lesznek további missziók révén. Az Egyesült Államok a 90-es évekre tervez egy Mars-megfigyelő és -térképező missziót. Kiterjedtebb vállalkozás van tervezés alatt a Szovjetunióban. A 2000. évvel kezdődően 6 űrhajó fog menni a Marshoz, amelyek léggömbökkel műszereket ejtenek le a felületre.¹⁴

¹²űrszondák

¹³A „műszerhajók” nem használt kifejezés, magyarul „leszálló egység”.

¹⁴A tervek időközben módosultak, de több amerikai űrszonda működik Mars körüli pályán, illetve a Mars felszínén.

A Mars geológiájának és esetleges múltbeli életjelenségeinek további megismerése arra az időre vár, amikor majd emberek fognak oda utazni és adatokat gyűjteni.

A Naprendszer külső bolygóinak és azok holdjainak eddigi megismerése a *Pioneer-10* és *-11*, főleg azonban a *Voyager-1* és *-2* misszióknak köszönhető.

Megfelelően a bolygórendszer kialakulása fent mondott elméletének, a hideg világműködésben csupán a könnyű elemek tudtak kondenzálni, ezért a Naptól távolos bolygók főleg hidrogént, héliumot, metánt, ammóniákat, széndioxidot tartalmaznak.

A hatalmas ismeretanyagból, amely az ember birtokába jutott, s melynek részletei még feldolgozásra várnak, kiemeljük, hogy

1) A Jupiternek erős mágneses tere van, több mint 10-szer erősebb, s 100-szor messzebbre kiterjedő, mint a Földé.

2) A Jupiternek s az Uránusznak is vannak gyűrűi, nem csak a Szaturnusznak, melynek gyűrűi a Földről könnyen láthatók.

Érdekes megemlíteni, hogy a *Voyager* űrhajók¹⁵ hogyan kaptak addicionális sebességet, hogy elérjék a külső bolygókat. Ha a Földről való alkalmas irányítással az űrhajót a Jupiter erős gravitációs terében engedjük esni, az felgyorsul. Ha a Jupiter állana az űrben, az űrhajó ezt a sebességtöbbletet elveszítené, miközben a Jupitertől eltávozik. De ha közben a Jupiter mozdul el a pályáján, a nyert sebességtöbblet nemvész el (nevezzük ezt magyarosan gravitációs parititának¹⁶).

A *Voyager-2* így érte el az Uránuszt 1986-ban, s így fogja elérni a Neptunuszt 1989-ben. Utána kijut a csillagközi térbe, s pályáját folytatja megszakítás nélkül, míg esetleg egy más csillag bolygói között értelmes lények elfogják.

Említésre méltó, hogy ezt a parititaelvet a jövő világműurasai is használhatják olyan gyorsításra, amelyben ők „súlytalanok” maradnak, tehát semmi olyan erős behatásnak nem lesznek kitéve, mint a rakétamotorral való gyorsítás esetén.

A közelmúlt űrkutatósi eredményei között érdekes volt a *Halley-üstökös* már említett megközelítése a Szovjetunió, Japán és az európai államok kiküldött műszerei által.

Halley angol csillagász *Newton* kortársa volt. A múltbeli feljegyzéseket visszakövetve az időben, észrevette, hogy a Földet 76 évenként látványos üstökös látogatta meg. A pályaelemeket is egybevetve rájött, hogy egyazon égitestnek hosszúra nyúlt ellipszispályájáról van szó, amely a földközeltől a Neptunusztávolságáig terjed. Megjósolta a következő visszatérés idejét, amit ő ugyan már nem fog megélni, de ami tényleg be is következett. Utána ez a visszatérő üstökös a *Halley* nevet kapta.

Az üstökösök megjelenését az emberi babona félelemmel szokta fogadni. Minket, magyarokat érdekel,

¹⁵űrszondák

¹⁶Magyarul általában hintamanővernek nevezzük.

hogy a *Halley*-üstökös megjelent Nándorfehérvár híres ostroma idején 1456-ban. Szerencsére nem Hunyadi harcosaira, hanem a török seregre hozott „katasztrófát”.

Nagyon látványos volt ez üstökös 1910-es megjelenése, mert akkor a földközélemben haladt el. Én visszaemlékszem, hogy egy májusi hajnalon az üstökös farka¹⁷ a fél eget beborította. Mivel csillagászok megállapították, hogy május 19-én a Föld áthalad az üstökös farkán, amely cianvegyületeket is tartalmaz, megszületett a jóslat: elpusztul a világ. Gyulaváriban ezen csak mosolyogtunk, mert a magyar sajtó a témát értelmesen kezelte, mondva, hogy az üstökös igen ritka sűrűségű gázai ellen a Föld légköre teljes védelmet nyújt. Nem volt ilyen egyértelmű az amerikai közönség reakciója. Voltak, akik befüggönyözték ablakukat, ajtóikat; voltak, akik pirulákat árultak a mérges gázok ellen; egy túlfűtött képzeletű középnyugati szekta ártatlan szüzlányt akart feláldozni, hogy az üstökös gonosz szellemét kiengesztelje, de ennek szerencsére véget vetett a seriff megjelenése.

Az üstökös 1986-os visszatérése nem volt olyan látványos, mint az 1910-es. Én magam, aki ugyan büszke lehettem volna, hogy az üstököst másodjára látom, inkább kiábrándítónak éreztem, hogy a washingtoni csillagdába kellett elmennem, hogy lássam.

De annál érdekesebbek voltak az űrvizsgálati eredmények: az üstökös magja mintegy 15 kilométer hosszú és 8 kilométer széles krumpli alakú test. A nyert tapasztalatok alapján mai elgondolásunk az, hogy az üstökös mag „szennyes hógolyó”. A „hó” megfagyott vizet, szén-dioxidot és ammóniákat jelent, a „szenny” pedig igen kis koncentrációban azokat a nehéz elemeket, amelyek a világműködésben,¹⁸ amiből alakultunk, jelen vannak. Az üstökösök megismerése ennél fogva fontos adatokat szolgáltat a világműködés összetételére és a Naprendszer keletkezésére.

Ha a szennyes hógolyó a Nap közelébe jut, a felülete párolgás által anyagot veszít. Az elpárolgott atomokat és molekulákat a Nap sugárnyomása és a Napból kiáramló *ion-szél* a napközélemből kifelé fújja. Így képződik az üstökös farka, amely mindig a Nappal ellentétes irányba mutat.



Nem kell optimistának lennünk, hogy az eddigi sikerek után a világműkísérletek hathatós folytatását reméljük. De a részletek tekintetében csak olyasmi jóslást tehetünk, mint amikor valaki azt mondja áprilisban: hogy milyen idő lesz holnap, azt nem tudom, de abban biztos vagyok, hogy néhány hónapnyi meleg időjárás jön.

Biztosabbak lehetünk a kísérletek nyomán felvetéhető perspektívában: az ember olyan lépés megtételéhez jutott el, amely a földi életben eddig csak egyszer történt, amikor az élet a tengervízből, ahol megszületett, kijött a szárazföldre. Ez mintegy félmilliárd évvel

ezelőtt történt. *John Platt* bostoni biofizikus jóbarátom mutatott rá arra, hogy az ember most hasonló elhatározó lépés előtt áll.

A biológusok túlnyomó többsége egyetért abban, hogy a földi élet a tengervízben keletkezett. Bennünk vannak mai napig ennek emlékei. Szemünket még ma is sós ízű könnyekkel, tengervízzel mossuk. Sejtjeink fiziológiás oldata lényegében tengervíz.

A világűrbe kilépve az ember most is magával viszi földi környezetét, atmoszféráját, táplálékait, amelyek lassú megváltozásnak, az űrhöz való alkalmazkodásnak lesznek alávetve. Miért gondoljuk, hogy ez így lesz? Miért lesz az így kialakuló élet fejlődőképesebb, szabadabb?

A mi életünk a szárazföldön magasabb rendűvé fejlődött, mint a vízben maradt élet, mely csupán a halak értelmi fejlettségéig jutott el.

A szárazföld azt adta nekünk, hogy kiszabadultunk a tengervíz „börtönéből”, nagyobb mozgékonyásra, könnyebb energiafelvételre tettünk szert.

Könnyű a párhuzamot követni. Amikor *Kopernikus* a Földet a többi bolygók közé sorolta, az ember önértetén ütött csorbát: bezárta a teremtés koronáját a kis földgolyó „börtönébe”. Galilei elmélyítette a képet, miáltal szorosabbra zárta a börtönajtót, azért kellett visszavonnia tanait. Az akkori ember számára könnyebb volt elhessegetni, ignorálni a tudást, nem hinni el a bizonyítékokat, mint örökre bezárva lenni.

De miért örökre? Az akkori ember nem merte elképzelni, hogy a börtönajtó valaha kinyitható lesz. S ez az, amihez ma elérkeztünk.

A Holdra való menetel után már tervek, elgondolások vannak a bolygókhoz való utazásra. Az ember a világűrben sokkal könnyebb mozgékonyásra tesz szert, mint a Földön. Tanúi voltunk, hogy az űrhajókból az asztronauták kiléptek, és tápvezeték, „köldökzsinór” nélkül tudtak a közelben sétálni és az űrhajóba visszatérni, miközben csupán egy gyöngé nitrogéngáz-sugár volt szükségük az ide-oda való mozgásra. Nemrégiben kozmonauták hártottak el egy technológiai akadályt a Mir szovjet űrállomás és a felküldött, utánpótlást vivő űrhajó között, 4 órai munkavégzéssel az űrben.

A napsugárzást az ember az űrben könnyű energiafelvételre használhatja a Föld fellegei és éjszakai nélkül. De használhatja a mozgás meggyorsítására is. A Nap sugárnyomásával vitorlázni lehet az űrben. Használhatók gyorsításra az említett gravitációs parittyák is. Leghatásosabbak lesznek a nukleáris energiával hajtott rakétamotorok.

A nukleáris energia úgyszólván korlátlan bősége (amelynek felhasználása nem fizikai, hanem technológiai kérdés) lehetővé teszi a Hold és a Mars lakhatóvá tételét is, ha a jövő embere az ott lévő kőzetekből nitrogént és oxigént tartalmazó légkört hoz létre. Még a kis tömegű (tehát gyöngé gravitációs erejű) Holdon is az egyszer létrehozott légkör sok ezer éven át megmarad, mert mindig csak az igen nagy sebességű, de kis számban jelenlevő molekulák tudnak onnan elszabadulni.

¹⁷Magyarul az üstökösnek nem „farka”, hanem „csóvája” van.

¹⁸A „világműködés” kifejezés nem használatos a magyar csillagászati nyelvben, de érthető, hogy a szerző mire gondolt.

Az ember tehát csinálhat magának lakóhelyet a Naprendszer bolygóin vagy holdjain, de a világűrbe való kitelepedésnél ez csak ideiglenes segítség lenne az ember ma tapasztalt exponenciális (hatványozott) túlszaporodása ellen.

Visszaemlékezem ezzel kapcsolatban néhány beszélgetésemre *Szent-Györgyi Alberttel*.

A társadalmi problémákra fogékony Albertet két téma állandóan és visszatérően foglalkoztatta.

Egyik, persze, az *atomveszély*. A 60-as és 70-es években erről több előadást tartott, legtöbbször arra a végkövetkeztetésre jutva, és azt meg is mondvá, hogy nem tudunk végleges és biztos módot találni a veszély elhárítására.

Amikor én azt kérdeztem tőle, miért nem megoldás az atomfegyverek közmegegyezéssel és nemzetközi ellenőrzéssel való kiküszöbölése, válasza az volt, hogy az ilyen megegyezés lehetősége reménytelen.

A Föld népei között mindig akadnak olyanok, amelyek önmagukat a többi népek fölött állóknak képzelelik. Igaz, a német „Herrenvolk” már elvesztette a háborút, s egyelőre visszaszorult, de lesznek mindig, akik a többi népek fölött uralkodni akarnak, a többieket arra igyekeznek megszervezni, hogy nekik dolgozzanak. Természetesen a többiek ellenszegülnek, s így keletkeznek a háborúk.

Sokszor elmondta: sovány vigasz, ha azt mondjuk, hogy a Világegyetemnek mindössze egy kicsiny bolygójáról van szó, ahol az fog történni, hogy a kialakult élet megszűnik, de alig várhatunk mást.

Amikor a 70-es évek folyamán egy technológiai elgondolásokban ötletes tervet publikáltak a világűrben létesítendő kolóniákról, elmondtam Albertnek, hogy ez a terv reménysugarat nyújthat arra, hogy az emberi nem mégis meg tudja menteni önmagát.

A terv abban állott, hogy az űrben hatalmas lakóhelyek építhetők fel, amelyeket akár világvárosoknak is nevezhetünk. Hogy a Földnek nemcsak a légkörét, de mezőit, hegyeit is átvigyük az űrbe, hatalmas, néhány kilométer átmérőjű és sok kilométer hosszú henger belső felületén létesülne az űrkolónia. A henger tengely körüli forgása centrifugális (azaz gravitációs) erőt létesít, s természetesen a henger atmoszférikus nyomású levegővel volna megtöltve. Ez a terv a mai ember biológiájához van alkalmazva, még csak súlytalanságot sem kíván a kivitelezése, nem tenné szükségessé semmiféle új természettörvény felfedezését. Technológiai felkészültséget igényelne s azt, hogy ezt a hatalmas méretű lakóhelyet, persze, kinn az űrben kellene felépíteni. Az anyagát nem szükséges a Földről vinni, ki lehetne azt termelni a kisbolygókból, amelyeknél könnyű volna megküzdeni azok gyöngye gravitációjával.

Albertnek a tervet elmondva rámutattam, hogy ez segíthet egy olyan kérdésben, amely eddig megoldhatatlannak látszott: az emberiség exponenciális szaporodásában.

Ez volt a második téma, amelyről fentebb mondtam, hogy Albertet tartósan foglalkoztatta. Egyszer kongresszusi hívásra el is jött Washingtonba, hogy a témával kapcsolatos kérdésekre válaszoljon.

E téma félelmes volta abban áll, hogy az exponenciális függvény növekedése a már elért számmal arányos. Az emberek száma napjainkban eléri az 5 milliárdot, s az évi szaporodás ennek a számnak felel meg, tehát most 25 százalékkal nagyobb, mint körülbelül 12 évvel ezelőtt volt, amikor a Földön 4 milliárd ember élt. Tehát ha ezen a számnövekedésen úgy próbálnánk segíteni, hogy 1 milliárd embert elhelyezünk (mondjuk) a Holdon, ez csak 12 évre segítene. (Itt most nem térünk ki az egyéb segítségekre, mint például a népszaporodás korlátozása, ami ismét politikába torkollik.) Az exponenciális függvénnyel csak egy másik exponenciális függvény veheti fel a versenyt, s ez az, amire akkor rámutattam.

Azt mondtam Albertnek: ha kolóniák létesülnek az űrben, azok létesíthetnek új kolóniákat. Tehát itt az új exponenciális törvény, amelynek korlátozása csak a végtelen űr volna. Reméljük tehát az emberiségnek csak annyi időt a túlélésre, míg elkezdheti a tér meghódítását, s akkor megmaradhat.

Nem tagadom, az én optimizmusom erősebb volt, mint az övé. Albert a világűr meghódítását csak a nagyon távoli jövőben remélte. Én közelebb láttam, mert manapság a „gyorsuló idő” korszakában élünk. Ennek a megnevezésnek magyarázata az, hogy a fejlődés törvénye is exponenciális: a további fejlődés irama arányos a már eddig elért fejlődéssel. Századunk kezdetén nem volt rádió, nem volt repülés, s íme, már a Holdra leszállott emberekkel beszélhetünk, azokat televízióon láttuk.

Az űrvárosok létesítéséhez nem kell új fizika, csak új technológia. Adjunk neki még 100 évet? Ebben a „gyorsuló időben” ez nagyon hosszú időtartam!



A világűr kísérletek által felvetített jövő egyik legérdekesebb s talán legfontosabb kérdése: van-e a világban a Földön kívül más helyen is élet? Van-e rajtunk kívül más civilizáció? A Naprendszerünkben illet eddig hiába kerestünk, de a Naprendszerünk elenyésző kicsiny része a Világegyetemnek.

Jobb ezt a kérdést egy másik, elvi kérdésre visszavezetni: keletkezhetik-e élet az élettelenből újabb beavatkozás (teremtés) nélkül? Mai felfogásunk az, hogy *igen*.

Érdekes megemlíteni, hogy a múlt században *Louis Pasteur* végzett egy híressé vált kísérletet, amelyből azt a választ nyerte: *nem*. Két kémcsőbe azonos tápanyagokkal ellátott folyadékot tett; egyiket elzárta a külső levegőtől, másikat nyitva hagyta. Egy idő eltelté után a nyitott csőben baktériumokat észlelt, a zárt cső élettelen maradt.

Jelen századunk kísérletezői másképpen nyúltak a témához. *Stanley Miller* és *Harold Urey* Chicagóban, *Melvin Calvin* Berkeley-ben vízgőz, metán és ammóniák keverékét (a Föld feltehetően primordiális atmoszféráját utánóztatva) zárták üvegedénybe, amelyben elektromos kisüléseket, vagy energikus elektron-sugárzást létesítettek. Néhány nap elteltével a gázoikat meganalizálták, és meglepetésükre a kezdetiek-

nél bonyolultabb molekulákat észleltek a keverékben, többek között *aminosavakat*. Az aminosav a proteinnek, az élet organizációjának egyik téglája. Későbbi kísérletekben *nukleotidák* is előállottak, amelyek a manapság sokat emlegetett *DNS*-molekula téglái. Igen érdekesek a *polimerizáció* kísérletei. A mérsékelt nagy molekuláknak megvan a tendenciája, hogy egymáshoz való rendezés útján molekulaláncokba fejlődjenek.

Tehát: miután a primordiális atmoszférában villámok vagy radioaktivitás létrehozták az élő szervezet alaptégláit, polimerizáció által bonyolultabb molekulák épültek fel. Minél bonyolultabb egy óriásmolekula, annál kisebb a valószínűsége, hogy felépül. De ha a kis valószínűséget egy nagy időtartammal szorozzuk, akkor már nagy valószínűséggel mondhatjuk, hogy a polimermolekula előáll, sőt hogy végül olyan molekula áll elő, amely önmagát reprodukálni képes. Az ehhez szükséges időtartamok milliárd évekre rúgnak, de a Föld négy és fél milliárd évnyi életkorából telik erre idő.

Tehát a mai kísérletek alapján azt mondhatjuk: Pasteur híres kísérletéből hiányzott a több milliárd év, amit ma úgy is szokás mondani, hiányzott a történelmi momentum. De a Földön létrejött az élet.

Szemléltetés céljából én szeretem ezt a folyamatot egy nap időtartamára összehúzni.

Ha a Föld bolygó a múlt éjfélkor keletkezett, a hajnali órákban megindult egy *kémiai evolúció*. Tart ez még a reggeli, déli órákban is. Délután 5-6 óra körül kezdődik egy értelmesebb folyamat, létrejönnek az egysejtűek, majd a flóra és fauna hierarchiájában megkezdődik a *darvini evolúció*, megjelennek a magasabb rendű, egyre életképesebb lények, utoljára az emlősök s legvégül az ember. Az ember kialakulására a valóságban néhány millió év kellett, de ebben a képben az ember éjfél előtt tíz másodperccel jelenik meg, az ember írásos történelme pedig, a fáraóktól mostanáig mindössze egyetized másodperc.

Ilyenek az arányok. A természet nem csak térben, időben is óriási méretekkel dolgozik!

Tegyük fel most már ismét a kérdést: van-e máshol is élet a világban?

Fentiek alapján azt kell mondanunk, élet minden olyan bolygón kialakulhatott, amelynek a világláncból való kifejlődése a mi bolygónkéhoz hasonló s amely napjának (csillagának) úgynevezett „életzónájában” van, nem túl erős és nem túl gyöngye sugárzásban. Mennyi ezeknek száma a mi Galaxisunkban, amely száz milliárd csillagot tartalmaz?

A kérdésre közelebbi ismeretek hiányában csupán valószínűségi becslést adhatunk. A csillagevolúció elmélete szerint bolygórendszerek kialakulása nem kivételes, a mi Napunk is átlagos csillag; talán a mi létünk sem kivételes, ha nem is átlagos eredménye a csillagképződésnek. A valószínűségi becsléseket a *Drake-egyenlet* egyesíti magában, *Frank Drake* amerikai csillagász kezdeményezése alapján, aki e kérdések buzgó kutatója. Az egyenlet valószínűségek szorzatát tartalmazza, s aszerint, hogy a valószínűségek

milyen becsléseket adunk, nagyon különböző végeredményhez juthatunk. Valóban, vannak becslések, amelyek szerint a Tejútrendszerben *egyedül vagyunk*, de vannak olyanok is, amelyek a hozzánk hasonló civilizációk számát *ezrekre*, sőt *százazrekre* teszik. Szerintem nehezebb elfogadni azt, hogy egyedül vagyunk, mert ezáltal magunknak nagy kivételezettséget tulajdonítanánk.



A 60-as évek óta sok vita tárgyát képezi, hogy ha vannak rajtunk kívül intelligens lények a világban, hogyan juthatunk azokkal kapcsolatba? Két eset lehetséges, odamenni, vagy jelekkel érintkezni.

Odamenni a fizika törvényei szerint lehetséges, de ha nem akarjuk az utazást vég nélkülre kinyújtani, akkor a fényvel összemérhető sebességre kell felgyorsulni, amihez még atomi mértékekben is óriási energiára volna szükség. Ilyesmitől a mi mai felkészültségünk messze távol áll.

Ellenben itt van a rádió. De még ebben is erőltlen a mai technológiánk arra, hogy „jelentkezzünk” a világba kiküldött jeladásunkkal. Tehát Frank Drake javaslatára kezdjük el „hallgatózni” a világból jövő értelmes jelekre. Ha nem kis számmal vannak más civilizációk, azok már egy „klubot” szervezhetnek. Próbáljunk a jelközléseikbe bekapcsolódni. Így jött létre a *SETI* (Search for Extra Terrestrial Intelligence) program. Persze, itt sok kérdés van. Milyen csillag felé irányítsuk vevőantennánkat, milyen hullámhosszon keressünk, miről ismerjük fel az „értelmes” adást stb...?

A *SETI* mintegy 50 egyéni próbálkozásából, amely sok ezer órára terjedő hallgatódzásból állott, eddig egy sem vezetett eredményre. De a keresést nem szabad föladnunk a megtalálás említett nehéz volta miatt. A keresést segíteni fogja az irányított rádióvételnek egy újabban kifejlett formája: a *fázisegyeztetés*. A mai komputerizált világban sok egymástól távoli rádióantennát, amelyek mindegyike nagy parabolaátnyér, lehet így fázisban összehangolni, s ez megfelel egyetlen, de sokszoros méretű tányérnak. Kitűnő eszköz ez a rádióasztrológiában, de a *SETI* kereséseiben is.

A 60-as évek tudományos vitái a Földön kívüli civilizációkról átkerültek a köztudatba is, és megindult a fantázia a világlakókkal¹⁹ való találkozás felé. A képzelet szüleménye volt a sok *UFO* (Unidentified Flying Object) látomás. Mai napig olvassuk őket. Vizsgálat alá vette azokat egy tudományos bizottság a Colorado Egyetemen, s kiderült, hogy egyetlen evidencia sincs közöttük. Érthető, hogy nincs, mert ezek a látomások rendkívül naivak voltak. Ha valaki annyira előrehaladott a civilizációjában, hogy át tudja hidalni a csillagok közötti távolságokat, az nem azért jön ide, hogy néhány látványos mutató után elmenjen.

De komolyan is kérdezhetjük: miért nincs mind ez ideig egy Kolumbuszunk? Erre két esélyes választ adhatunk. Egyik, hogy a Tejút szélén vagyunk, sok

¹⁹Magyarul megszokott „az idegenekről” beszélni és írni.

ezer fényévyire a csillagokban népes középtől. Másik, hogy mindössze alig több mint fél századdal ez előtt a Föld embere még rádiócsöndben élt. Ki tudhatta, hogy élünk?

Persze izgató kérdés: ha nem vagyunk egyedül, mit várhatunk a világ többi lakóitól?

A kérdés akadémikus, a válasz sem lehet más.

A pesszimista ebben is rémeket lát. A fejlettebb képességű lények ellen nem tudnánk védekezni, tehát jobb lenne létezésünket letagadni: nem jelentkezni. De eltekintve attól, hogy mai rádióink, kommunikációink és televízióink akarva, nem akarva jeleket küld ki a világba, mi ellen kellene védekeznünk? Az Idegen nem akarhat tőlünk sem helyet, sem energiát kapni, mindenből van elege. S ha sok fényévnyi távolságban van tőlünk, sok-sok évig tartana, míg jelentkezésünk után idejön.

Másik félelem, hogy az idegen civilizáció fölényes tudásának birtokába jutva megállana a mi további igyekezetünk a fejlődésre. De miért állana meg? Az eddigi kutatásunk annál erőteljesebb lett, minél magasabb szintre jutottunk.

Olyasmi félelem is felmerült, hogy ha Földünk valamelyik népe először jut fölényes tudás birtokába, azt fölhasználhatja, hogy a többi népeket legyőzze. A bizalmatlanságnak ilyen csúcsa csak igazolja azt a félelmünket, hogy mi földi lények talán mégsem vagyunk túlélésre teremtve!

De nézzük meg az aggodalmak ellentétét: mit nyerhetünk? Én itt arra szeretnék felelni, mit nyerhetünk tudományban?

A válaszom persze egyéni: én a nálunk fejlettebb idegentől azt várnám, tanítson minket a pszichológiai és fizikai jelenségek összefüggésének megértésére.

Fogalmazzunk világosabban. Van a Világegyetemnek minden eddig megismertnél bonyolultabb képződménye, az emberi agy. Valóban agyunk bonyolultabb, mint a csillagok, bolygók, galaxisok rendszere, összes asztrofizikai történéseikkel együtt. Most nemcsak arra a mára általánosan ismert tényre gondolok, hogy emberi agyunk 10-100 milliárd neuronsejtet tartalmaz (hasonló vagy nagyobb szám, mint ahány csillag van a Tejútrendszerünkben), amelyek mindegyike mintegy száz más sejttel van fonalakkal (telefonvezetékekkel) összekapcsolva. E vezetékek összes hossza, ha egymás után raknánk őket, túlmenne a Hold távolságán.

Nem erre az anatómiai bonyodalomra gondolok, hanem arra a régóta felismert, de meg nem értett talányra, amelynek neve *pszichofizikai parallelizmus*. Agyunk és érzékszerveink történései fizikaiak; lelki világunk velük párhuzamosan folyik. Hogyan jön létre közöttük a kapcsolat? A kérdés megítélése nagymértékben függ attól, hogyan gondoljuk a természeti jelenségek lefolyását. E tekintetben jelen századunk mélyreható változást hozott. Századunk fizikájának legnagyobb élménye a kvantumelmélet, amelynek gyümölcsei még megérlelésre várnak. A *Heisenberg*-féle határozatlansági relációk megszüntették az addigi fizika *kauszális* voltát.

Immanuel Kant filozófiájában a kauzalitás az emberi gondolkodásnak *a priori kategóriája*. Ma kijavíthatjuk ezt a nézetet: a kauzalitás a klasszikus fizika *alappozitívátuma*, ami az égi mechanika átütő sikerei alapján átment a természettudományos gondolkodásba. Így jött létre a természetfilozófiában a *materialista determinizmus*.

E filozófia szerint a világ bonyolult gép, amelynek minden történése (az élőlényeké is, az emberé is) előre meg van határozva. *Laplace* mondotta, hogyha tudnánk minden atom helyzetét és sebességét egy időpillanatban, meg tudnánk mondani a teljes jövőt. Mint ahogy a bolygórendszerben ki tudjuk számítani, hogy 2000 évvel előre-hátra mikor kerül sor egy napfogyatkozásra.

Az ilyen filozófia mellett minden, ami lelki jelenség, *illúzió*. *Spinoza* mondta szellemesen, hogy ha a feldobott kőnek öntudata volna, azt gondolná, hogy saját szabad akaratából esik vissza. Szabad akarat és az összes egyéb pszichikai jelenségek csupán illúziók a materialista determinizmusban.

A természettudományok determinizmusa a múlt század végén lett teljes, és érdekes megemlíteni, hogy több jeles fizikus próbált megszabadulni annak kényszerítő voltától. A fizika determinista jellegét nem tudták megváltoztatni, de a lelki jelenségekben kerestek valami újat, ami később az *ESP* (Extra Sensory Perception) elnevezést kapta. Közéjük tartozott a fizika két közismert nagysága *J. W. Strutt* (a későbbi *Lord Rayleigh*) és *J. J. Thomson*, de más kitűnő fizikusok is. Az *ESP* kutatói azt keresték, vannak-e olyan lelki jelenségek, amelyek nem az érzékszerveken keresztül nyilvánulnak meg, például *telepátia* vagy *pszichokinézis* (az akarat beavatkozása a természet jelenségeibe). Említett fizikusok tagjai lettek annak a kutatócsoportnak (Parapszichológiai Társaság), amely 1882-ben alakult. Azóta ilyen társaságok a világ sok államában gomba módra elszaporodtak. Száz év óta sok folyóirat és könyv közli a legkülönbözőbb kísérleteket. Ezek sokszor a spiritizmus, sokszor az ügyes bűvészet, csalás határain mozognak. E vizsgálatokat összegző és bíráló irodalom általában hiányolja a természettudományokban megkívánt objektív realizmust. Gyakori konklúzió, hogy a bűvészek be tudják csapni az elméleti fizikusokat, de nem a bűvészeket; és hogy eddig nem látható olyan eredmény, amely az objektív tudományos világ érdeklődésére számíthat.

Mégis mutatja e kérdések nagy népszerűsége, hogy a ma emberében él a vágy, hogy a lelki jelenségekben valami többet lásson, mint illúziót. Eszünkbe juttatják az ilyen törekvések az alkimisták igyekezetét, hogy aranyat csináljanak. Ma tudjuk, hogy próbálkozásaik sikertelenek maradtak, mert vegykonyháikban nem rendelkeztek elegendő energiákkal. Azt is biztosan állíthatjuk, hogy az alkimista, aki sikert mutatott fel, csalt. És mégis: van elemátalakítás; ma tudunk aranyat csinálni (igaz, hogy többbe kerül, mint aranyat bányászni), az elvi akadály elhárult. Lehetséges, hogy az *ESP* sikertelensége hasonló: nem elvi, hanem gyakorlati? Például a pszichokinézist a makroszkopikus történések helyett az atomok világában kellene keresni!

A kvantumelmélet akauzális volta most más megvilágításba helyezi a pszichofizikai parallelizmusról való felfogásunkat. Laplace mégoly kiváló matematikusa sem tudná kiszámítani a teljes jövőt, mert nincs teljesen meghatározott kezdő helyzet, amelynek összes koordinátái adottak. A fizikai jelenségek lefolyására csak valószínűségi törvények vannak, ami azt jelenti, hogy azokban szerepe van a véletlennek.

Kérdés: ad-e ez az indeterminizmus lehetőséget arra, hogy a lelki jelenségek lefolyásában valamilyen szabadságot lássunk?

Századunk egyik legkiválóbb csillagásza és kitűnő elméleti fizikusa, *Arthur Stanley Eddington* próbálkozott, hogy az akarat szabadságára (amit intuitíve érzünk) lehetőséget találjon a kvantummechanika indeterminizmusa alapján. Kihívta ezzel *Bertrand Russel* elutasító bírálatát.

Én Eddington pártjára állok, már csak azért is, mert úgy gondolom, hogy a természetben nincs olyan lehetőség, amely ne volna kihasználva. Ezért mondtam: örömmel vennék az emberiség számára e tekintetben előrehaladottabb tudásból tanítást, ha az idejében jön. Hogy magunk értsük meg e kérdés rendkívüli bonyodalját, az talán még a „gyorsuló” időben is hosszan elnyúló kutatásra vár!



Agyunknak, az észlelt világ eme legbonyolultabb képződményének folyamánya, hogy van értelmünk, hogy szeretjük a szépet, és hogy ki tudunk alakítani életfilozófiát, világnézetet, erkölcsöt.

A világűrbe kilépő ember annyi életteret, boldogulást fog tudni találni magának, amennyire az agyából folyó tudása, művészete és erkölce képessé teszi.

MEGJEGYZÉSEK BAY ZOLTÁN KÉZIRATÁHOZ

Almár Iván

Bay Zoltán-díjas úrkutató

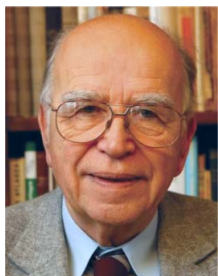
Bay Zoltán 1946-ban, a világháború utáni nyomorúságos körülmények között sikeresen végrehajtott Hold-radar kísérlete méltán szerzett világhírt a magyar fizikusnak. Mindenütt úgy hivatkoztak rá, mint a radarcsillagászat egyik megalapítójára. Az 1946-os kísérlet publikációja bekerült abba a kis csomagba is, amelyet 1980-ban, éppen 40 éve vitt magával az első magyar űrhajós hazájának büszkeségeit jellemző egyik tárgyként a világűrbe. A Bay-kísérlet ötvenedik évfordulójára, 1996-ban magyarul és angolul megjelent *Ötven éves a magyar űrkutatás* könyv szerint is ettől az eseménytől számítjuk a magyar űrkutatás hivatalos történetét. Az ember azt hinné, hogy ezek után mindenki számára világos, hogy mi történt és mi nem történt 1946. február 6-án Budapesten, a Tungstram gyár tetején.

De a helyzet sajnos korántsem ilyen egyértelmű. A magyar forrásokban újra és újra felbukkan az a kiirt-hatatlan tévedés, hogy Bay Zoltán 1946-ban (gyakran azt is hozzátéve, hogy elsőként!) *megmérte a Hold távolságát a Földtől*. Ha „felütjük” a Google lapjait, ijesztő mennyiségben találunk olyan közleményeket, amelyek címében szerepel ez a hiba. Nézzünk né-

hány példát: „1947 február 6-án Bay Zoltán és kutatócsoportja radarral megmérte a Föld–Hold távolságot” (*wiki startlap*, ahol még az évszám is téves). „Bay Zoltán 70 éve mérte meg a Föld–Hold közti távolságot” (*infostart 2018. febr. 6.* – az évszám itt is téves). A *Múlt-kor* 2016. február 6-i száma ezt írja: „Hetven éve, 1946. február 6-án Bay Zoltán fizikus és kutatócsoportja saját fejlesztésű radarral a világon egyedülálló eljárással mérte meg a Föld–Hold távolságot, ez a kísérlet alapozta meg a *rádiócsillagászat* tudományát.” (Téves, a rádiócsillagászat passzív vételt jelent, és korábban indult fejlődésnek.)

Ha az oktatási segédanyagokat olvassuk, ott sem jobb a helyzet: „Elsőként Bay Zoltán és tőle függetlenül egy amerikai kutatócsoport gondolt arra, hogy a radarhullámok nemcsak repülőkről, hanem égitestekről is visszaverődhetnek. A rádiójel kibocsátása és visszaverődése közti időkülönbség alapján mérte meg elsőként a Hold távolságát a Földtől 1946-ban mindkét kutatócsoport.” (*A Fizika 9* tankönyv *A távolságok és az idő mérése* fejezetében.) Végül, de nem utoljára a *Nemzeti Köszölgélati Egyetem* idén megjelent kiadványa, az *Új távlatok a magyar űrparban* azt írja, hogy „A magyar űrsztori valamikor 1946-ban kezdődött, amikor Bay Zoltán és kutatócsoportja radarral megmérték a Föld és a Hold távolságát”. Azért azt is meg kell említeni, hogy a *Fizikai Szemle* 2001/3-as számában megjelent ugyan egy korrekt cikk arról, hogy a HM Haditechnikai Intézet megismételte Bay Zoltán Hold-radar kísérletét, de azt is ilyen címmel közzölték: *A Föld–Hold távolság megmérése*.

Mi volt valójában Bay Zoltánék célja ezzel a kísérlettel? Mivel jól ismerték saját radarjuk teljesítményét,



Almár Iván úrkutató, csillagász, a fizikai tudományok doktora, címzetes egyetemi tanár, a CSFK Csillagászati Intézet emeritusz kutatója, a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia tiszteleti tagja, a Magyar Asztronautikai Társaság örökös tiszteletbeli elnöke.