

*Amman és Amman  
Bence Hal Zoltán*

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

A világűr-kísérletek jövője.

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 rakéta-kibocsájtása 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 dollárra rug. 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 szükkeblűség, mely elzárkózott pl. a Halley üstökös közletről való kipuhatólásától. 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.

Az ilyen fajta kutatás eddigi sikere valóban bámulatra méltó. Bizvást mondhatjuk, hogy a naprendszerben elért tudásunk 3 évtized alatt többet fejlődött, mint a Galilei, Kepler, Newton óta eltelt 3 évszázad alatt.

Mi az oka ennek a rohamos fejlődésnek? Nyilvánvalóan az, hogy a világűr kipuhatólásába be lehetett vezetni a kísérletezést.

A természettudományok azóta fejlődtek ki, mióta az ember <sup>az</sup> ismeretszerzésben elkezdte a kísérletezést.

A klasszikus görög kultúra magas fokra jutott el az irodalomban, a képzőművészetekben, az építészetben, a geometriában, de a természettudományokban a kísérletezés hiányában megmaradt a kezdeti tapogatózásoknál.

A kísérletezés módszere akkor indult el, mikor Galilei éles elméje észrevette, hogy a templomban a légáram által megmozgatott függőlámpa mindég azonos idő alatt végez egy lengést, függetlenül a kilengés nagyságától. Ezt nem tudták a régi görögök írásai és a reájuk épített szkolasztikai tudomány. Tehát Galilei azt mondta, ha többet akarunk tudni, kérdezzük meg magát a természetet!

A kísérletezés bevezetése után mindjárt megvilágosodott annak két nagy előnye:

1) a vizsgálandó folyamatot elkülönítjük a környezet zavaró hatásától,

2) a kísérletet annyiszor ismételhetjük, ahányszor akarjuk.

A többszöri ismétlés vezet rá, hogy a természeti jelenségek lefolyásában törvéyszerűség van. E törvények <sup>megismerése</sup> megismerése a természettudomány célja és feladata.

Galilei olyan folyamatot indított el, mely nem állott meg: azóta a természettudományok mind kísérletezésre épültek, - egyetlen kivétellel.

A csillagászat a legujabb időkig nem tudta használni a kísérletezést, pusztán megfigyelésre volt szorítva, mert a csillagászat tárgyai tőlünk messze vannak a világűrben. De nem lehetett kétséges, hogy ha a kísérletezés egyszer kiterjeszhető lesz a világűrre, attól rohamos fejlődés várható.

A kísérletezésnek ezt a világűrre való kiterjesztését a radar-technika és a rakétatechnika kifejlődése hozta meg.

Mikor 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 mikro-hullámu jeleket a Holdra és észleljük azok visszaverődését. Ez 1944 tavaszán történt s el is kezdtük mindjárt az elméleti vizsgálatokat s a szükséges műszerek megépítését. Az akkori idők viszontagságai és háborús pusztításai után végül is két év elteltével tudtunk sikeres kísérleteket végrehajtani.

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

Érdekes megemlíteni, hogy ugyabban az időben volt valaki Amerikában is, aki nem volt csillagász, de akit hasonló módon vonzottak mindég ( mint később megtudtam) a csillagos ég látványai: J.H. De Witt műszaki ezredes, az amerikai radar-technika egy titűnő munkása. ( Persze, ellensége államok polgárai<sup>NA</sup> lévén, egymásról nem tudtunk.) Az amerikaiak 1946 január közepén, mi február elején végeztük az első sikeres kísérleteket. Az amerikaiak mikro-hullámu felkészültsége jobb volt, viszont mi a " szegénységünket" olyan elv alkalmazásával



pótoltuk, mely azóta általánosan elfogadott és használt : a jelisméltés és jelösszegezés módszere.

Az amerikai és a magyar holdradár kísérletek nyomán a csillagászatnak egy új ága fejlődött ki az Egyesült Államokban, Angliában, Ausztráliában, Kanadában és a Szoviet Unióban, a radarcsillagászat. Előbb a naprendszer közeli bolygóit, utána a távoli bolygókat s azok holdjait ölelte fel a radarészlelés; sikeresen térképezte egyes bolygófelületeknek optikailag nem hozzáférhető részleteit.

Azelőtt el nem érhető pontossággal állapította meg a radarcsillagászat a bolygó-és holdpályák méreteit. A Nap-Föld távolság (az u.n. Asztronómiai Egység, mintegy 150 millió kilométer ) ma 1 kilométernél kisebb hibával ismeretes. A Föld és Hold között működő fényradár segítségével ma a Holdnak mindenkoritőlünk való távolsága (kb. 400 ezer kilométer) néhány centiméteres hibahatárral adható meg.

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

1). Bebizonyosodott, hogy a naptányér közelében elhaladó rádióhullámok az ottani erős gravitációs térben késnek. Igazolja ez az általános relativitáselméletnek azt az elgondolását, hogy a gravitáció a tér szerkezetének megváltozásával egyértelmű. 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 radar megfigyeléssel. Tehát: a tér a Nap nagy tömege közelében "nem euklideszi" ( úgy is szokás mondani, hogy "görbült tér") és a fénynek ott hosszabb utat kell bejárnia. Ez a kísérlet melyet I.I Shapiro amerikai fizikus végzett el a Mars bolygóra le-

szállott Viking űrhajók segítségével, igazolja Einstein általános relativitás elméletét, de igazolja a magyar Bolyai Jánost is, kinek egy több mint 100 évvel ezelőtti kéziratában Toró Tibor temesvári elméleti fizikus a következő kijelentést fedezte fel: "... a nehézség törvénye szoros összeköttetésben mutatkozik az űr természetével." Bolyai János tehát nemcsak első volt a nem euklideszi 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 fényradár említett igen pontos méréseit analizálva K. Nordtvett amerikai fizikus a két igen különböző test gyorsulásait megegyezőkné találta és rámutatott, hogy ez az eredmény Eötvös Loránd földi kísérleteinek egy celestialis méretekre való kiterjesztését jelenti: a gravitációs és a tehetetlen tömeg azonos.

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

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

A nagyfoku technológiát, mely ehhez szükséges, csupán a két szuperhatalom tudta kifejleszteni: az Egyesült Államok és a Szoviet Unió. Az <sup>Egyesült Államok</sup> ~~USA~~ rakétasorozatai az Apolló, Pioneer, Mariner, Viking, Voyager nevet viselték. A Szoviet Unió rakétákat bocsátott ki a Hold,



Mars, Venuszfelé, utobbiak neve Venera és Vega.

Legismertebb az űrrakéták között az Apollo sorozat, melyen emberek mentek a Holdra. (Az utasokat vivő rakéták költsége 50-100 szorosa a műszereket a világűrbe kivivő űrhajóknak, mert előbbiek sok óvintézkedést és igen bonyolult és biztos komputer technikát igényelnek) Mindkét nagyhatalom fenntart egy viszonylag nem nagy magasságban (néhány 100 kilométer) keringő űrlaboratóriumot, 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 missziók keretében már összesen 12 emberünk járt a Holdon. Értékes holdanyagot hoztak vissza, melynek laboratoriumi kipróbálása még tart s információkat hozhat a Hold geológiájának és a naprendszer keletkezésének megértésére. Ezek a missziók az előkészítés, tervezés és kivitelezés diadalai voltak. Amikor a Holdra leszállt kisebb űrhajó visszatért a Hold körül keringő nagyobb egységhez (mely aztán 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 trapezművészek mutatványai, hogy egymást a különböző kötélíngák lengései közben elérjék. Az Apollo 13 járaton a Hold közelében egy nem várt robbanás meg-hiusította 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 haza jöttek. Sokan azt mondtuk akkor, talán ez nagyobb teljesítmény volt, mint a Holdra leszállás!

A többi említett űrhajó sorozat 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 novák és szupernovák által a világűrbe kilövelt gáztömegből alakult ki, nem kétséges. Mialatt ez a gáztömeg a gravitáció következtében összehuzódott, felmelegedett. A gáztömeg közepén alakult ki a nap s a napközeli levő melegebb gáztömegben kondenzáltak a nehéz fémek és fémvegyületek. Ezért a naprendszer belső bolygóinak nagy a sűrűsége, míg a külső bolygók főképpen könnyebb elemeket tartalmaznak. A belső bolygók a könnyű elemektől, főképpen a hidrogéntől, még keletkezésük után is elvesztik, különösen, ha kis tömegük nem tudja azokat gravitációval visszatartani. A Merkurnak és a Holdnak nincs légköre.

Azt lehetne gondolni, hogy a Vénusz, Föld, Mars, melyek egyforma tömegűek s melyek a Nap sugárzásában is nagyjából egyforma módon részesülnek, hasonló klimát élveznek. Mégis, a Szoviet Unió Venera űrhajói és az amerikai Mariner 2 azt tanúsítják, hogy a Vénuszt forró, sűrű légkör veszi körül (90-100 atmoszféra nyomáson és 450 C fokú hőmérsékleten). Példája ez egy elszabadult "üvegház" - effektusnak: a széndioxid légkör áttereztí a Nap látható sugárzását, de visszatartja a bolygó infravörös kisugárzását.

A Vénuszt a sok hasonlóság miatt szokás a Föld ikertestvérének is nevezni, de ezek a legújabb űrvizsgálatok megmutatták, hogy a wagneri ária "édes alkonycsillaga" a földi ember "pokol" elképzeléséhez jár ~~leg~~közelebb: a forró, sűrű széndioxid légkörben kénsav és fluorsav eső esik a bolygó felületére, melynek hőmérsékletén megolvad az ólom. A Vénuszra leejtett <sup>Venera</sup> ~~Venera~~ műszerpróbák egy-két óra hosszáig "éltek", de azalatt értékes információkat jelentettek vissza a Földre.

Mi van a Föld másik ikertestvérével, a Mars bolygóval?



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

Az Egyesült Államok két Viking missziót küldött a Marsra, főképen azzal a céllal: keressenek ott életmegnyilvánulásokat. Mindkét misszió tökéletes volt technikailag; a Mars körüli keringésre beállított űrhajók kisebb műszerhajókat küldtek le melyek sikeresen le szállottak a bolygó felületére és kísérleteket végeztek a Földről jövő utasításokra. A műszerhajók fotográfiái bizony nem mutattak a gép körül ólalkodó Mars lakókat, de még a talajból felvett anyagok kémiai vizsgálata sem árult el semmi olyan anyagcserét, melyet a leg<sup>(c)</sup>egyszerűbb biológiai "élet" -nek lehetne nevezni.

A Marsnak igen ritka, főleg széndioxidot tartalmazó légköre van (a légnyomás mintegy fél százalékka a mi atmoszferánknak). A bolygófelület ma sivatag, de olyan hegyekkel és völgyekkel, melyek arra mutatnak, hogy a multban erőteljes vízfolyások alakították a felszint. Ha a Marsnak a multban tengerei és folyamai voltak, persze az sincs kizárva, hogy élet volt a bolygón, melynek nyomai megtalálhatók lesznek további missziók révén. <sup>Egyesült Államok</sup> Az ~~ES~~ a 90-es évekre tervez egy Mars megfigyelő és térképező missziót. Kiterjedtebb vállalkozás van tervezés alatt a Szoviet Unióban. A 2000-ik évvel kezdődően 6 űrhajó fog menni a Marshoz, melyek léggömbökkel műszereket ejtenek le a felületre.

A Mars geológiájának és esetleges multbeli 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 fennt mondott elméle-



tének, a hideg világ <sup>köz</sup>ben csupán a könnyű elemek tudtak kondenzálni, ezért a Naptól távolsó bolygók főleg hidrogént, héliumot, metánt, ammóniákat, széndioxidot tartalmaznak.

A hatalmas ismeretanyagból, mely az ember birtokába jutott s melynek részletei még feldolgozásra és megértésre 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, nemcsak a Szaturnusznak, melynek gyűrűi a Földről könnyen láthatók.

Érdekes megemlíteni, hogy a Voyager űrhajók 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 sebességtöbbletét elvesztené miközben a Jupitertől eltávozik. De ha közben a Jupiter mozdul el pályáján, a nyert sebesség nem vész el. (Nevezük ezt magyarosan gravitációs parittyának?)

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 parittya-elve a jövő világűr utasai is használhatják olyan gyorsításra, melyben ők "súlytalanok" maradnak, tehát semmi olyan erős behatásnak nem lesznek kitéve, mint a rakéta motorral való gyorsítás esetén.

A közelmúlt űrkutatási eredményei között érdekes volt a Halley üstökösnek a már említett megközelítése a Szoviet Unió, 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 egybe vetve rájött, hogy egyazon égitestnek hosszúra nyult ellipszis pályájáról van szó, mely a földközeltől a Neptunusz távolságáig terjed. Megjósolta a következő visszatérés idejét, amit ugyan ő már nem fog megérni, 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, hogy a Halley üstökös megjelent Nándorfehérvár híres ostroma idején 1456-ban. Szerencsére nem a Hunyadi harcosaira, hanem a török seregre hozott katasztrófát.

Nagyon látványos volt ez üstökös 1910-es megjelenése, mert akkor a földközelpályán haladt el. Én visszaemlékszem, hogy egy májusi hajnalon az üstökös farka a fél eget beborította. Mivel csillagászok megállapították, hogy május 19-én a Föld áthalad az üstökös farkán, mely cián vegyületeket 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 ablakaikat, 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 Shuttle 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 is látom, inkább kiábrándítóan 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 üstökösök magja "szennyes hógolyó". A "hó" megfagyott vizet, széndioxidot és ammóniákat jelent, a "szenny" pedig igen kis koncentrációban azokat a nehéz elemeket, melyek a világműködésben, 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 anyagot veszít párolgás által. Az elpárolgott atomokat és molekulákat a Nap sugárnyomása és a Naptól kiáramló ion-szél a napközelből kifelé fujja. Így képződik az üstökös farka, mely mindég a Naptól számítva ellentétes irányba mutat.

X X X

Nem kell optimistának lennünk, hogy az eddigi sikerek után a világűr-kísérletek hathatós folytatását reméljük. De a részletek tekintetében csak olyasmi jóslást tehetünk, mint mikor 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 felvetethető perspektívában: az ember olyan lépés megtételéhez jutott el, mely a földi életben eddig csak egyszer történt, amikor az élet a tengervizből, ahol megszületett, kijött a szárazföldre. Ez mintegy fél milliárd évvel ezelőtt történt. John Platt bostoni biológus jóbarátom <sup>to</sup> mutatt rá arra, hogy az ember most hasonló elhatározó lépés előtt áll.

A biológusok túlnyomó többsége egyetért abban, hogy a földi élet a tenger vizében keletkezett. Bennünk vannak mai napig ennek emlékei. Szemünket még ma is sós ízű könnyekkel, tenger vízzel, mossuk



Sejtjeink fiziológias oldata lényegében tenger(viz).

A világűrbe kilépve az ember most is magával viszi földi környezetét, atmoszféráját, táplálékait melyek lassu megváltozásnak, az űrhöz való alkalmazkodásnak lesznek alávétve. Miért gondoljuk, hogy ez így lesz? Miért lesz az így kialakuló élet fejlődésképebb, szabadabb?

A mi életünk a szárazföldön magasabbrendűvé 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 mozgékonyagra, könnyebb energiafelvételre tettünk szert.

Könnyű a párhuzamot követni. Amikor Kopernikusz a Földet a többi bolygók közé sorolta, az ember önértetén ütött csorbát: bezárta a teremtés koronáját a kis földbolygó "börtönébe". Galilei elmélyített a képet, miáltal szorosabbra zárta a börtön ajtót, 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 elértünk.

A Holdra való menetel után már tervek, elgondolások vannak a bolygókhoz való utazásra. Az ember a világűrben sokkal könnyebb mozgékonyagra tesz szert, mint ma a Földön. Tanul voltunk, hogy az űrhajóból az asztronauták kiléptek és tápvezetékek, "köldöksínór", nélkül tudtak a közelben sétálni és az űrhajóba visszatérni, miközben csupán egy gyöngye nitrogén gázsugárra volt szükségük az ide-oda való mozgásra. Nemrégiben kozmonauták háritottak el egy technológiai akadályt a Mir szoviet űrállomás és a felküldött, utánpótlást vivő űrhajó között, 4 órai munkavégzéssel az űrben.

A napsugárzást az ember az űrben könnyű energia felvételre használhatja a Föld fellegei és éjszakái nélkül. De használhatja a mozgás meggyorsítására is. A Nap sugárnyomásával vitorlázni lehet az űrben. Használhatók gyorsításra az említett gravitációs paritetyák is. Leghatásosabbak <sup>z</sup>lesnek a nukleáris energiával hajtott rakéta motorok.

A nukleáris energia ugyyszólván korlátlan bősége (melynek felhasználása nem fizikai, hanem technológiai kérdés) lehetővé teszi a Holdnak és a Marsnak lakhatóvá tételét is, ha a jövő embere az ott levő 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 mindég csak az igen nagy sebességű, de kis számban jelenlevő molekulák tudnak onnan elszabadulni.

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

Visszaemlékezem ezzel kapcsolatban néhány Szentgyörgyi Alberttel való beszélgetésemre.

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 mondva, hogy nem tudunk végleges és biztos módot találni a veszély elhárítására.

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

A Föld népei között mindég akadnak olyanok, melyek önmagukat



a többi népek fölött állóknak képzelik. Igaz, a német "Herrenvolk" már elvesztette a háborút s egyelőre visszaszorult, de lesznek mindég, 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 világ-egyetemnek mindössze egy kicsiny bolygójáról van szó, ahol az fog történni, hogy a kialakult élet megszűnik, de alig várhatunk mást.

Mikor a 70-es évek folyamán egy technológiai elgondolásokban ötletes terv került publikációra, melynek tárgya volt: kolóniák létesítése a világűrben, elmondtam Albertnek, hogy ez a terv reménysugarat nyújthat arra, hogy az emberi nem mégis megtudja menteni önmagát.

A terv abban állott, hogy az űrben hatalmas lakóhelyek építhetők fel, melyeket 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 tengelykörüli forgása centrifugális (azaz gravitációs) erőt létesít s természetesen a henger atmoszféra nyomású levegővel volna megtöltve. Ez a terv a mai ember biológiájához van alkalmazva, mégcsak súlytalanságot sem kíván s 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, melyeknél könnyű volna megküzdeni azok gyöngé gravitációjával.

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



Ez volt a második téma, melyről fentebb emlíndttem, 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 éri el az 5 milliárdot s az évi szaporodás ennek a számnak felel meg, tehát most 25 százalékkal nagyobb, mint körül belül 12 évvel ezelőtt volt, mikor a Földön 4 milliárd ember élt. Tehát ha ezen a számnövekedésen ugy 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 függvényel csak egy másik exponenciális függvény veheti fel a versenyt s ez az, amire akkor rámutattam.

Azt mondtam Albernek: ha kolóniák létesülnek az űrben, azok létesíthetnek új kolóniákat, melyeknek száma arányos lehet a már létesült kolóniákkal. Tehát itt az új exponenciális függvény, melynek 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 beszélhettünk, azokat televízióon láttuk.

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

X X X

A világűr-kísérletek által felvetített jövő egyik legérdekesebb és talán legfontosabb kérdése: van-e a világban a Földön kívül más helyen is élet? Van-e rajtunk kívül más civilizáció? A naprendszerünkben ilyet eddig hiában 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, melyből azt a választ nyerte: nem. Két kémcsőben 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 nyultak e témához. Stanley Millner és Harold Urey Chicagóban, Melvin Calvin Berkeleyben, vizgőz, széndioxid, metán és ammóniák keverékét (a Föld feltehetően primordiális atmoszféráját utánozva) zárták üvegedénybe, melyben elektromos kisüléseket, vagy energikus elektronsugárzást létesítettek. Néhány nap elteltével a gázokat megvizsgálták és meglepetésükre a kezdetieknél bonyolultabb molekulákat észleltek a keverékben, többek között aminosavakat. Az aminosav a proteinek, az élet organizációjának egyik téglája. Későbbi kísérletekben nukleotidák is előállítottak, melyek a manapság sokat emlegetett <sup>DNS</sup> DNA molekula téglái. Igen érdekesek a "polimerizáció" kísérletei. A mérsékelten nagy moleku-

látnak 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 óriás molekula, annál kisebb a valószínűsége, hogy felépül. De ha a kis valószínűséget egy nagy időtartammal szorozzuk, akkor már nagy valószínűséggel mondhatjuk, hogy a polimer molekula előáll, sőt hogy végül olyan molekula áll elő, mely önmagát reprodukálni képes. Az időtartamok, amik ehhez szükségesek, milliárd évekre rugnak, 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 ugy is szokás mondani, hiányzott a történelmi momentum. De a Földön létrejött az élet.

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

Ha a fölbolygó a mult 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 darwini evolúció, megjelennek a magasabbrendű, egyre életképesebb lények, utoljára a vertebraták s legvégül az ember. Az ember kialakulására a valóságban néhány millió év kellett, de ebben a képen az ember éjfél előtt tíz másodperccel jelenik meg, az ember irásos történelme pedig, a faraóktól mostanáig, mindössze egy tized másodperc.

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



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

Fentiek alapján azt kell mondanunk, élet minden olyan bolygón kialakulhatott, melynek a világműködésből való kifejlődése a mi bolygónkéhoz hasonló s mely napjának (csillagjának) ugynevezett " életzónájában" van, nem túl erős és nem túl gyöngye sugárzásban. Mennyi ezeknek száma a mi Galaxisunkban, mely száz milliárd csillagot tartalmaz?

A kérdésre közelebbi ismeretek hiányában csupán valószínűségi becsléseket 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 asszerint, hogy a valószínűségekre milyen becsléseket adunk, nagyon különböző végeredményhez juthatunk. Valóban, vannak becslések, melyek szerint a Tejút rendszerben egyedül vagyunk, de vannak olyanok is, melyek a hozzánk hasonló civilizációk számát ezrekre, sőt százezrekre 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, oda menni, vagy jelekkel érintkezni.

Oda menni a fizika törvényei szerint <sup>e</sup> lehetséges, de ha nem akarjuk az utazást végnélkültre kinyújtani, akkor a fényvel összemérhető sebességre kell felgyorsulni, amihez még atomi mértékekben is óriási energiára volna szükség. Ilyesmitől a mi mai felké-

szültségünk messze távol áll.

Ellenbem itt van a rádió. De még ebben is erőtlen a mai technológiánk arra, hogy "jelentkezzünk" a világba kiküldött jeladásunkkal. Tehát Frank Drake javaslatára, kezdjünk el "hallgatózni" a világból jövő értelmes jelekre. Ha nem kis számmal vannak más civilizációk, azok már egy "klub"-ot szervezhettek. Próbáljunk a jelközléseikbe bekapcsolódni. Így jött létre a SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) program. Persze, itt sok kérdés van. Milyen csillag felé irányítsuk vevő antennánkat, milyen hullámhosszon keresünk, miről ismerjük fel az "értelmes" adást, stb.. ?

A SETI mintegy 50 egyéni próbálkozásából, mely sok ezer órára terjedő hallgatózásból 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 újabb kifejlett formája: a fázisegyeztetés. A mai komputer világban sok egymástól távoleső rádió antennát, melyek mindegyike nagy parabola tányér, lehet így fázisban összehangolni s ez megfelel egyetlen, de sokszoros méretű tányérnak. Kitűnő eszköz ez a rádióasztro-nómiában, de a SETI kereséseiben is.

A 60-as évek tudományos vitái a Földön kívüli civilizációkról átkerültek a köztudatba is és megindult a fantázia a világlakókkal való találkozás felé. A képzelet szüleménye volt a sok UFO ( Un - identified Flying Objects) 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 mutatvány után elmenjen.

De komolyan is kérdezhetjük: miért nincs mindezekig egy



kolumbuszunk? Erre két esélyes választ adhatunk. Egyik, hogy mi a Tejút szélén vagyunk, sok ezer fényévyire a csillagokban népes középtől. Másik, hogy mindössze alig több mint fél századdal ezelőtt 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 elege van. S ha sok fényévyi távolságban van tőlünk, sok-sok évig tartana, míg jelentkezésünk után ide jön.

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 fölmerült, hogy ha Földünk egy 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 felteni, 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 ma már általánosan ismert tényre gondolok, hogy emberi agyunk tartalmaz 10-100 milliárd neuron sejtet (hasonló, vagy nagyobb szám, mint ahány csillag van Tejút rendszerünkben), melyek mindegyike mintegy száz más sejtrel van fonalaikkal (telefonvezetékekkel) összekapcsolva. E vezetékek összes hossza, ha egymás után raknánk őket, tulmenne a Hold távolságán.

Nem erre az anatómiai bonyodalomra gondolok, hanem arra a régóta felismert, de meg nem értett talányra, melynek neve pszichofizikai parallelizmus. Agyunk és érzékszerveink történései fizikaiak; lelki világunk velük párhuzamosan folyik. Hogyan jön létre közöttük a kapcsolat? A kérdés megítélése nagy mértékben függ attól, hogyan gondoljuk a természeti jelenségek lefolyását? E tekintetben jelen századunk mélyreható változást hozott. Századunk fizikájának legnagyobb elménye a kvantumelmélet, melynek gyümölcsei még megérlelésre várnak. A Heisenberg<sup>2</sup> féle határozatlansági relációk megszüntették az addigi fizika kauzális voltát.

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

E filozófia szerint a világ bonyolult gép, melynek minden történése (az élőlényeké is, az emberé is) előre meg van határozva. Laplace mondotta, hogyha tudnánk minden atom helyzetét és sebességét egy idő pillanatban, 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, illuzió. Spinoza mondta szellemesen, hogy ha a feldobott kőnek öntudata volna, azt gondolná, hogy a saját szabad akaratából esik vissza. Szabad akarat és az összes egyéb <sup>sz</sup>pszichikai jelenségek csupán illuziók a materiaalista 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 melyek nem az érzékszerveken keresztül nyilvánulnak meg, például telepátia vagy pszihokinezis (az akarat beavatkozása a természet jelenségeibe). Említett fizikusok tagjai lettek annak a kutató csoportnak (Parapszichológiai Társaság), mely 1882-ben alakult. Azóta ilyen társaságok a világ sok államában gombamódra 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 összegezõ és bíráló irodalom általában hiányolja a természettudományokban megkívánt objektív reálist. Gyakori konkluzió, hogy a bűvészek be tudják csapni az elméleti fizikusokat, de nem a bűvészeket; és hogy eddig nem látható olyan eredmény mely 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 illuziót. Eszünkbe juttatják az ilyen törekvések az alchimisták igyekezetét, hogy aranyat csináljanak. Ma tudjuk, hogy próbálkozása-

saik sikertelenek maradtak, mert vegykonyháikban nem rendelkeztek elegendő energiákkal. Azt is biztosan állíthatjuk, hogy az alchimista, aki sikert mutatott fel, csalt. És mégis: van elemátalakítás ; ma tudunk aranyat csinálni (igaz, hogy többbe kerül mint aranyat bányászni), az elvi akadály elhárult. Lehetsége, hogy az ESP sikertelensége hasonló: nem elvi, hanem gyakorlati? Például pszich<sup>o</sup>kinezist a makroszkópikus történések helyett az atomok világában kellene keresni!

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

Kérdés: ad-é 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 intuitive 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, mely 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 bonyodalmát, 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.