

Lukács Béla

Utazások térben, időben és téridőben

TARTALOM

I. Tudomány kontra áltudomány?

II. A hiányzó földrész

Romlásnak indult hajdan erős görög
Atlantisz mint tudományos eszme
Kemény és lágy elméletek
A mozgó földkéreg
Zűrzavar az időben?

III. A Mars eltűnt csatornái

Sivatag és csatornák
Az öreg bolygó
És az élet?
Becsaptak minket?

IV. Téridő nagyban és kicsiben

A tér és az idő
A Galaktikus Vasutak
A sík téridő
Tachyonok?
Lyukak, alagutak és a Másvilág
Az anyag terének alkotója
Gödör és lyuk
Forgó lyukakon át ... hová?
Hol?
Vasútépítés
És ha mégsem?

V. Igazság? Elmélet? Tanulság?

„Fehér bennszülöttek”
Az „elődök” és utódaik
Sietnünk kellett volna?
A betervezett bolygó

Utóhang

Irodalom és jegyzetek

Az I. részhez
A II. részhez
A III. részhez
A IV. részhez
Az V. részhez

A kiadó előszava:

Lukács Béla: Utazások térben, időben és téridőben

Afrikában él egy primitív népcsoport, a dogon. Mítoszaikat tanulmányozva többen úgy vélték, hogy azokban a Szíriusz fehér törpe kísérőjéről (beleértve keringési idejét), a Szaturnusz gyűrűjéről és a Jupiter négy nagy holdjáról van szó. Eszerint a dogonok olyasmit tudnak, amit nem várnánk tőlük. Honnan szerezték ezt a tudást? A vélemények megoszlanak. Egyes szerzők szerint ezeket a csillagászati vonatkozásokat csak belemagyarázzák a dogon mítoszokba. Mások szerint a dogonok ősei jutottak ezekhez az ismeretekhez, mégpedig vagy egy magasán fejlett, ősi civilizációtól (Atlantisztól), vagy pedig idegen űrhajósoktól, akik vagy a Marsról jöttek, vagy a Naprendszeren kívülről (de akkor a fénynél gyorsabban), vagy a jövőből.

E könyv a „dogon-rejtély” kapcsán felmerülő, tudományos szempontból is lényeges kérdéseket tárgyalja. Létezett-e Atlantisz? Van-e élet a Marson? Lehetséges-e csillagközi űrhajózás? Lehet-e a fénynél gyorsabban utazni a térben, vagy visszafelé utazni az időben?

A szerző természettudományos módszerrel, a természet eddig megismert törvényeire támaszkodva vizsgálja meg a kérdések eldöntéséhez felsorakoztatott érveket és bizonyítékokat. Megmutatja, hogy a természettudományok, eddigi ismereteink szerint, mit igazoltak és mit vetettek el ezekből, és mi az, amit ma még nem tudunk eldönteni. A csillagközi űrhajózás, a fénynél sebesebb utazás és az időutazás kérdése szoros kapcsolatban áll a tér és az idő (pontosabban a téridő) szerkezetével. Miért van kapcsolatban, és mit tudunk (és mit nem) a téridő szerkezetéről? Erre a IV. részben kaphatunk választ.

A szerző mondanivalóját mindvégig közérthetően, olvasmányosan fejti ki, megértéséhez magasabb szintű ismereteket nem feltételez. Lehet, hogy e könyv nem mindenben győzi meg az olvasót, de abban talán igen, hogy ha egy problémát természettudományos nyelven egyáltalán meg lehet fogalmazni, akkor értelmesen és építő módon meg is lehet tárgyalni, és végül (nem feltétlen most) meg is lehet oldani.

I. Tudomány kontra áltudomány?

Timbuktotól délre, a Niger folyó kanyarulatában, a Mali Köztársaságban élnek a gur népek közé tartozó dogonok; vagy negyedmillió ember. Idézem a számomra hozzáférhető legrészletesebb forrást:¹ „A dogonok földje ... száraz platón és sziklás területen található. Nem mindig itt éltek; őseik valaha az iszlám kor előtti Mande birodalomhoz tartoztak ... Mai szálláshelyükön egy ‘kicsi és vörös’ népet találtak, melyet leigáztak, és közéjük telepedtek ... Minden talpalatnyi földet megművelnek. Piacaik a magasság alján vannak, ahol fulani népek élnek. Híres a szobrászművészetük. Kiváló vasművesek.”

Idáig semmi furcsa nincs. A „kicsi és vörös” nép talán ama afrikai ősnép, melynek túlélő maradványai a busmanok; a néger népek nagy vándorlásai előtt, a leletek tanúsága szerint ilyen népek lakták ritkásan Közép- és Dél-Afrikát, vadászva és gyűjtögetve. De a dogonokról az terjeng, hogy tudnak a Szíriusz fehér törpe kísérőjéről (beleértve keringési idejét), a Szaturnusz gyűrűjéről, és a Jupiter 4 nagy holdjáról.

A dogonok néprajzát a 30-as években Marcel Griaule és Germaine Dieterlon kezdte tanulmányozni. Az összegyűjtött anyagot - köztük mindenféle mítoszokkal - kötetbe gyűjtve és kommentálva kiadták, amennyire a forrásokból meg tudom állapítani, 1965-ben. Annyi visszhangja volt, amennyi az ilyen témájú műveknek szokott. Azután egyszerre csak felfigyelt rá egy csillagász és amatőr régész, Eric Guerrier, aki észrevette bizonyos mítoszok lehetséges csillagászati jelentését. Úgy vélte, ott a Szíriusz B-ről van szó, fehér törpe jellegéről és keringési idejéről.² Később R. K. G. Temple is magyarázta a mítoszokat, és felismerte benne a Jupiter holdjait és a Szaturnusz gyűrűjét. Az eszme biztosan nem a két francia gyűjtő belemagyarázása, azok mentesek voltak a csillagászati érdeklődéstől. A kérdést részletesen tárgyalja D. B. Herrmann e sorozat egy korábbi kötetében;³ az olvasó onnan tájékozódhat.

Nos, gondolhatnók, hogy a kérdés a mítoszkutatókra tartozik; én nem vagyok az, az olvasók döntő többsége sem az, akkor meg minek erről beszélni. Mi is tudunk a Szíriusz kísérőjéről, ők is tudnak, kész. Csakhogy az, mivel fehér törpe, távcső, mégpedig jó távcső nélkül nem látható. Hasonló a helyzet a Szaturnusz gyűrűjével és a Jupiter Galilei-holdjaival, bár azokhoz kisebb távcső is elég; a Galilei-holdakat egyes ember egy jobb színházi kukkerral is megláthatja. A dogonok tehát valami olyant tudnak, amit határozottan nem várnánk tőlük.

Van, aki szerint ez a mi előítéletünk csak:⁴ „A nyugati afrikanisták között hosszú időn át az a vélemény uralkodott, mintha az afrikaiak nem lennének teljes értékűek ... Még a legnevesebb tudósok munkáiban is a primitív afrikairól a gyarmatosítás korában kialakított sztereotípiák uralkodtak ... semmiféle fajelméleti előítéletnek nincs helye. A nyugati afrikanisták megmerevedett előítéleteinek szétzúzásában jelentős szerepe volt M. Griaule munkájának is ...” Ez az Afrika-kutató kommentárja.

No, ezt most már tudjuk, csakhogy ez még nem magyarázza meg, hogyan tudnak a dogonok a Szíriusz B-ről. Minden előítéletől tartózkodandó, úgy fogalmaznék, nem hiszem, hogy az ősmagyarok képesek voltak észlelni a Szíriusz B-t, és nem hiszem, hogy tudtak róla.

Herrmann mást tart szükségesnek hangsúlyozni: Temple könyvének elutasítását.³ „A Temple-féle hipotézisek és a hozzá hasonló agyszülemények pontosan azért veszélyesek mert a tudomány köntöskében tetszelegnek ... Valójában ezek a fantaszták túl sok szabadságot élveznek. Mert bár hipotézisekről van szó, a nyugat-európai és tengeren túli olvasók hada olvassa őket, és ráadásul akadémiai címekkel büszkélkedő kétes tekintélyek támogatását élvezik, miközben a széles olvasóközönségnek nincs módja kellő kritikával illetni az effajta áltudományt ... Ráadásul a gazdasági bizonytalanság és válságok sújtotta korban a kapitalista országok mindig is több szabadságot nyújtottak ‘rejtélyeknek’, mint megoldásoknak.”

Egy harmadik kommentátor megint mást hangsúlyoz.⁵ „A logikus gondolkodásmód szabályai is azt követelik, hogy fogadjuk el kiinduló tételként (mivel minden ezt bizonyítja) azt, hogy a dogonok ősei valahonnan olyan információk birtokába jutottak, amelyek akkor jóval meghaladták az átlagos emberi tudás szintjét. Sőt ... a korabeli tudósok (papok) ismeretszintjét is.” Ebből állítólag az következik hogy a dogonok régen valamikor vagy idegen civilizációval („UFO”), vagy az i. e. 15000 és 11000 közt „feltehetően élt magasabb rendű civilizáció (az ‘elődök’)” népével kerültek kapcsolatba.

Nos, magam fizikus vagyok, többek között általános relativitáselmélettel foglalkozom, kutatói státusban, egy kutatóintézet tudományos tanácsadói besorolásával. Akadémiai fokozatom is van: a fizikai tudomány doktora. Ezt nem azért mondom, hogy dicsekedjem, és azért sem, hogy a könyvet kapósabbá tegyem (mire az olvasó idáig eljut, már úgymint megvette), hanem, hogy mutassam: a sokak által „hivatalosnak” nevezett tudomány része vagyok. Mint a téridővel foglalkozó kutatót, alapvetően érintene, ha bizonyíték kerülne elő csillagközi űrhajózásra. (Majd kiderül, pontosan miért.) Mármost tegyük fel, hogy számomra a dogon mítoszok látszanak ehhez jó fogódzónak, és saját módszereimmel el szeretném dönteni, jártak-e itt űrhajósok vagy nem. Akkor a fentebb idézett három szerző közül az egyik eleve előírja nekem, hogy fogadjam el, hogy a dogonok „külső eredetű bölcsességhez” jutottak. („A logikus gondolkodásmód szabályai is azt követelik ... „, tehát ha nem értek egyet, nem logikus a gondolkodásom.) Abban már szabad választásom van, hogy e tudás a Földön kívülről jött-e, vagy Atlantiszról. Továbbá, ha érett megfontolás után arra jutnék, hogy a mítoszok éppoly mítoszok, mint egy sereg más népe, csak mély jelentéseket magyaráztak beléjük, akkor esetleg ez „... a gyarmatosítás korában kialakított sztereotípiá ...”, ha viszont arra, hogy bizonyítják az idegen űrhajósok ittjártát, akkor kiderülhetne, hogy egy vagyok az „akadémiai címekkel büszkélkedő kétes tekintélyek” közül, akik „túl sok szabadságot élveznek”. Így nem lehet kutatómunkát végezni.

Félreértések elkerülése végett itt mindjárt leszögezem, hogy a dogon mítoszokat nem tartom alkalmasnak ilyen fajsúlyú fizikai és kozmológiai kérdés megoldására. A ténybeli megállapításokban nagyjából Herrmann véleményét osztom és azt hiszem, Guman és Herrmann,³ valamint Sagan⁶ nagyjából már utat mutatott a „dogon rejtély” magyarázatához. Erre majd a könyv utolsó részében visszatérek röviden; itt most csak annyit, hogy egyáltalán az miért volna olyan bizonyos, hogy „a dogonok ősei” jutottak-e az információhoz és nem az általuk meghódított „kicsi és vörös” nép (akik sokkal régebben voltak ott). De itt kétségkívül felmerült valami; ha ezt a szakértők tisztázni tudják, nem árt, ha megteszik. Ehhez vitakoznunk kell, azt meg nem lehet, ha a véleményeket eleve negatívan minősítik. (Mint most láthattuk, az sem lehetetlen, hogy mindegyiket.)

Ez ügyben az egyik előbb idézett, és rendkívül határozottan fogalmazó szerző érdekes, mindnyájunk által megismert és tragikomikus példát hoz fel:⁵ „... a politikailag kevésbé érett emberekben óhatatlanul kialakul ... egy olyan nézet, mely szerint az UFO az valami ‘nyugati’ dolog, amelyről itthon, nálunk, úgy látszik, még ‘beszélni sem szabad’.” Nos, magam igen kevés esélyt adok a bennünket rendszeresen látogató „repülő csészealjok” létezésének: egyrészt, mert tudjuk, hogy mi mindent véltek rendszeresen látni az ókori és középkori emberek, másrészt a téridő szerkezetére vonatkozó ismereteink miatt, amiről még lesz szó. Abban viszont még ennél is biztosabb vagyok, hogy sem a csészealjok léte, sem a róluk kifejtett vélemény nem alkalmas politizálásra. Mégis, volt olyan vélemény, amilyent a szerző fentebb idézett.

Meggyőződésem, hogy a természettudományokban elvileg nem lehetnek rejtélyek, bár időlegesen megoldatlan, esetleg nagyon súlyos problémák igen. A természettudományokban ugyanis szubjektívizmustól mentesen, „titkok” nélkül meg tudjuk vizsgálni a dolgokat. De a

tudomány határterületein vannak rejtélyek, továbbá az emberek sok mindent annak tartanak, és izgatja őket. Jogunk van előírni nekik, hogy ne izgassa? Jó az a tudomány társadalmi megbecsültségének, ha nem izgatja őket?

És ki az, aki *előre* el tudja dönteni, mi az igaz és mi nem? Hogyan tudjuk a tudományosnak látszó témákat még a vizsgálat *előtt* tudományra és áltudományra osztani? Számos esetben óriásit tévedtünk már; kicsinyesség lenne ebben vájkálni, így most csak egyetlen idézet T. D. Liszenkotól:⁷ „Számunkra teljesen világos, hogy a mendelizmus-morganizmus alaptételei hamisak. Nem fejezik ki az élő természet valóságát, a metafizika és az idealizmus megnyilvánulásai.” Eme véleményét Liszenko erőszakos és minősítéssel teli érveléssel végül el is fogadtatta, ma már mégis fordítva vélekedünk.

Ha viszont a tudomány módszere nem a kérdések előre eldöntése, akkor nem lepődhetünk meg azon, hogy kiadók könyveket adnak ki olyan tudományos „rejtélyekről”, melyek az embereket izgatják. Ha ezekben valami hiba van (ami igen gyakori), vagy felületesség (ami szintén nem ritka), vagy amire ugyancsak akadt már példa, ködösítés, akkor kétféleképpen vélekedhetünk. Az olvasók félretájékozódását vagy komoly bajnak tekintjük, vagy nem. Ha annak, akkor kötelességünk helyretenni a dolgokat, úgy, hogy megnyilatkozunk a „rejtély” ügyében. Ha nem tartjuk annak, akkor meg az egész ügy érdektelen, és felesleges izgulnunk.

E könyv, mint már mondtuk, nem a dogonokról szól. Valami olyasmiről, amit a dogonok ügye mögé szoktak odaérezni. Létezett-e Atlantisz, miért gondoljuk, hogy igen, és miért, hogy nem. Van-e élet a Marson, miért gondoltuk, hogy van, miért, hogy nincs, és miért nem tudjuk pontosan most, hogy mit kellett volna gondolnunk? Lehet-e a fénynél gyorsabban utazni a térben, vagy visszafelé utazni az időben, miért gondoljuk, hogy lehet, és miért, hogy nem? És e dolgok még valahogyan össze is függenek (mint ahogyan összefüggtek a dogon ügyben is: az ötletek szerint a dogonok bölcsessége vagy atlantisziaktól jött, vagy idegen űrhajósoktól, akik vagy a Marsról jöttek, vagy messzebből, de akkor fénynél gyorsabban, vagy a jövőből). Ilyen lehetőségek feltételezése nem *áltudomány*, hanem egy tudományos hipotézis, bár esetleg hibás.

Nem vagyok abban biztos, hogy minden olvasóm meggyőzve teszi le e könyvet; nehéz kérdésekről röviden és szinte csak szavakkal érvelve nem lehet tökéletesen *bizonyítani*. De abban bízom, hogy meg tudom mutatni: ha egy kérdést természettudományos nyelven egyáltalán meg lehet *fogalmazni*, akkor értelmesen és építő módon meg is lehet *tárgyalni*, és ilyen módon végül (nem feltétlenül most) meg is lehet *oldani*. A természettudomány működőképes, és működik is.

Amit e kötetben mondok, ha nem utalok a forrásra, az én véleményem. Nem „hivatalos” vélemény, mert nem tudom, mit jelentene az a fizikában; nem kollektív vélemény, mert nem végeztem közvélemény-kutatást, és csak arról írtam, amiről tudok véleményt alkotni. (Itt mondok köszönetet Szabados László fizikus kollégámnak, akivel megvitathattam bizonyos időutazásra vonatkozó kérdéseket, de a leírt vélemény ott is az enyém.) Az olvasónak meg kell elégednie ennyivel.

A könyv végén irodalmi hivatkozásokat adok és néhány jegyzetet. A hivatkozások célja az, hogy a nem indokolt vagy nem közismert tényekre vonatkozó állításokat az olvasó ellenőrizhesse. Sajnos, bizonyos „rejtélyekkel” kapcsolatos állítások eredete számomra lenyomozhatatlan; ilyenkor az általam látott említést adom meg, hogy ő honnan vette, az az ő dolga. A forráshivatkozás módja megfelel a természettudományos irodalomban szokásosnak, de mivel ez nem szakmunka, igyekszem közérthető és magyar forrást adni, ha van. Figyelmeztetem az olvasót, hogy néhány hivatkozott forrás tudományos-fantasztikus mű.

II. A hiányzó földrész

Van Thomas Mann-nak két klasszikus mondata, melyet szívesen és gyakran idéznek:¹

„Mélységes mély a múltnak kútja. Ne mondjuk inkább feneketlennek?”

Ne mondjuk, mert megint egyszer magunkat csapnók be egy összefüggéseiből kiragadott idézettel. Most ugyan a szerző mondandóját nem hamisítanók meg; de lássuk részletesebben! A szerző arra céloz, hogy a „történelem” kezdetét nem találjuk. Minden kultúra előtt volt egy másik, a háziállatok és növények nem változtak. „... a marha tenyésztörténete vadbivaly alakjából az ifjú József napjaiban már oly rég lezajlott ... amelyetől a babiloni-egyiptomi műveltségű József, az Amurru-föld fia, csaknem éppoly távol állt, mint mi, maiak - a különbség elenyésző ... Ha vadjuh után puhatolózunk, ... megtudjuk, hogy ez már kihalt. ‘Rég’ kiveszett. Megszelídítése Szét napjaiban folyt le, s a ló, a szamár, a kecske betörése, meg a sertése ... ugyanebben a ködös időpontban történt. Történeti feljegyzéseink körülbelül hétezer évre nyúlnak vissza; ez alatt az idő alatt mindenesetre egy vadállat sem nevelődött hasznossá és házivá ... Gabonaneműinket, melyekkel József is táplálkozott, ... vadon növvő őseikre visszavezetni legmélyebb sajnálatára növénytanunk sem képes, s egyetlen nép sem dicsekedhet vele, hogy ő volt az első, aki kifejlesztette, s művelte.”

Ebből már érthetjük, miről van szó, és a nagy műveltségű művész nem oktanul mondja 1933-ban, amit mond. Azután kifejti, hogy az ún. „őslakósok” előtt a történészek egyre még ősbibeket találnak. „S ez még nem elég, a tudomány egyre jobban hajlik arra a föltevésre és meggyőződésre, hogy ezek a ‘barbárok’ gyarmatosai voltak Atlantisznak, amaz elsüllyedt világrésznek, Herkules oszlopain túl, amely időtlen idők előtt Európát és Amerikát összekötötte ... majdnem bizonyos, hogy ... volt még egy régebbi anyanyelv, mely magában foglalta mind az árja, mind a sémi és hámita nyelvjárások gyökereit. Valószínűleg ezt a nyelvet Atlantiszban beszélték, amelynek árnyképe a távoli ködben bizonytalanul látható utolsó hegykulisszája a múltnak. Atlantisz azonban maga sem igen lehetett a beszélő ember őshazája.”

Nem folytatom az idézetet. Akit érdekel, olvassa el az eredetit (mármint a regény előszavát), mely az emberi *kultúra* kezdetét millió évnél is korábbra teszi, meg Kodolányi erre rímelő művét.² Érdeemes és tanulságos.

Csak el ne higgyük. Az író 1933-ban töprenghetett; mi már tudunk. Úgy mint:³

gabonatermesztés kezdete:

Ali Kos (Irán), i. e. 6750-6000;

kecsketartás kezdete:

Beida (Levante), i. e. 6830 ± 200

és így tovább. Talán találunk majd ennél is korábbiakat, de ezek már tényleg a kezdetek: a gabona és kecske még csak kezd különbözni a vadtól. A legősibb háziállat talán a kutya (Starr Carr, Anglia), talán a juh (Közel-Kelet), de legfeljebb 10000 évesek. A történelem „hétezer éve” tényleg nem nyúlik vissza a „kezdethez”, de a régész ásója és a magfizikus ¹⁴C-laboratóriuma igen. Ember persze volt korábban is, de a jelek szerint *termelő* ember nem. „Csak” gyűjtögető és vadász. És ezért egyszerűen tévedés, hogy Jákob fia József csaknem éppoly távol állt volna az állattenyésztés kezdetétől, mint mi. A legkorábbi kezdetektől hozzánk vezető út kb. 2/3-án állt i. e. 1500 körül. Hozzánk közelebb ugyan, de nem összemérhetetlenül közelebb. Ne mondjuk a múltnak kútját feneketlennek. Úgy olyan csak, mint a Lágymányoson a Feneketlen tó.

De honnan tudjuk ezt; és Mann miért nem tudta? Lehet, hogy a válasz dogmatikusnak hangzik: közben a tudomány fejlődött. József idején a Közel-Keleten valóban lényegében ugyanolyan állatokat tenyésztettek és ugyanolyan növényeket termesztettek, mint e század elején. Mára az ásatások mélyebbre jutottak az ő koránál, és a csontok korát magfizikai módszerekkel meg tudjuk határozni. És valahol az előbb említett dátumok táján, mintegy 8000 éve, az állatcsontok és gabonaszemek változni kezdenek. Tovább haladva a múltba egyre kevésbé lehet őket a vad alakoktól megkülönböztetni. Nyilván belejutottunk az első házasítás és nemesítés korába: más szóval elértük a *termelő* ember múltjának fenekét. Ez nem *az ember* létrejötte, arról majd később, de valami olyan, amit Mann keresett, és a beláthatatlan múltba tolt vissza. A termelés, a paraszti élet mintegy 10000 éve kezdődött, régebben ilyenek nyoma sincs, és látjuk a kialakulás folyamatát. Tízezer év hatalmas idő, de csak 300 nemzedék. Ötezer évvel ezelőtti sumér és egyiptomi királyoknak már ismerjük nevét, néha életrajzát is. Finnugor nyelvészek rekonstruálták a 12000 éve beszélt finnugor ősnyelvet, és azokon mondatokat tudnak fogalmazni.

De miért épp 10000 éve kezdődött az állattenyésztés és földművelés? Talán akkor lett az ember eléggé okos ehhez? Nem valószínű. A „mai ember”, a *Homo sapiens* (mások szerint *Homo sapiens sapiens*) 30000 évnél régebbi. Nem tudjuk, pontosan mennyivel: Európában 32000-33000 éve jelent meg, és valahol itt válik megbízhatatlanná a ¹⁴C analízis is. A jelek szerint mintha valahonnan keletről, talán a Perzsa-öböl vidékéről érkezett volna (ezen vitatkoznak), és ott ősből formákból talán 50000 éve alakulhatott ki. Ez lehet a *mai értelemben vett* tagolt beszéd kezdete, mert egy anatómus-akusztikus együttműködés eredménye szerint⁴ mai nyelveink legtöbb hangját a neandervölgyi ősember még nem tudta volna kiejteni.

Az ember szervezetében, agyának felépítésében tehát 10000 éve semmi lényeges sem történt: 15000 éves ősről mai ruhába öltözve kevés meglepetést okozna az utcán (legalábbis Magyarországon), csecsemőkorától örökbe fogadva pedig éppen olyan gondolkodású felnőtt válna belőle, mint mi vagyunk. Van a Földön olyan nemzet, mely azt állítja, hogy mai helyén 15000 éve él kontinuos kultúrlétet; nem az amelyre sokan gondolnak, hanem a pireneusi baszk. Állításuk szerint őseik festették ki a híres altamirai barlangot. Persze az ilyen kontinuos történelem gyanús lehet, főleg, ha tudjuk, hogy alkalmas az autonómia vagy függetlenség ideológiai alátámasztására, de *ez esetben* mintha a nyelvészet is támogatná a folytonosságot. Egy francia szakíró összegyűjtött néhány azonos töből származtatható szót,⁵ amelyek *nekünk* nem hasonló jelentésűek:

aitz = kő,
aitzkor = bárd,
aiztto = kés,
aitzurr = csákány.

Ez mintha még a kőkorszaki terminológiát őrizné. A lur = talaj; elur = hó szó párral pedig mintha már az utolsó eljegesedés korában járnánk.

Az utolsó (pontosabban legutóbbi) eljegesedés, a Würm, pedig vagy 10500 éve ért véget. (A pontos határvonal megállapodás kérdése.) Történt hát valami fontos 10000 éve. És körülbelül akkor pusztult el Platón szerint Atlantisz is.

Romlásnak indult hajdan erős görög

Minden relatív. Számunkra az ógörög klasszikus kor, Szolón, Periklész, Szókratész, Platón és Arisztotelész ideje, minden intrikája és belháborúskodása mellett is az emberi haladás egyik csúcsa, nagy eredményekkel és nagy egyéniségekkel. Platónnak magának nem ez volt a véleménye. Ő a korabeli, i. e. IV. századi állapotokat hosszú hanyatlás eredményének tekintette, amellyel szemben felmutatta az ideális és ősi berendezkedést, melyet restaurálni óhajtott. Egyszer el is jutott a kísérletig, mikor ifj. Dionysos szirakuzai tirannust sikerült rábeszélnie. A kísérlet teljes kudarccal végződött. Az ideális társadalom példájaként a 9000 évvel azelőtti Athént adta elő, amely olyan erős volt, hogy egyedül meg tudta állítani a támadó atlantisziakat, és ezzel megvédte a Földközi-tenger keleti medencéjének szabadságát. E dicső történelmi múlttra Athén a romlás évezredei után már nem is emlékezett, azt az egyiptomi papságnak (pl. a szaiszi Neith-templom papságának) kellett megőriznie (Neith és Athéné istennők azonosak).

Platón kegyelettel emlékezett tanítójára, Szókratészre, akit az athéni demokrácia egyik restaurációja után félig-meddig koholt vádak alapján kivégeztek. Idősebb korában leírta visszaemlékezéseit a mestere körül összegyűlt kör életéről; ennek része a reánk maradt *egyetlen* részletes Atlantisz-történet.⁶ Az előadás szerint a társaságban a történetet bizonyos Kritiász mondta el, ő nagyapjától hallotta, az Szolóntól, aki viszont egy Szónkhisz nevű szaiszi paptól.

A történet szerint Atlantisz nagy sziget vagy szárazföld volt az Óceánban, Atlasz titán leszármazottai uralkodtak rajta, népes, gazdag és kulturált volt. (Részletek most nem érdekesek, mert nem mítoszmagyarázattal kívánunk foglalkozni.) Részletes leírást kapunk a fővárosról, amiből most legyen annyi elég, hogy csatornák és töltések koncentrikus körei veszik körül a városmagot. A Héraklész oszlopai mögött fekvő királyság meghódította az Oszlopokon belüli földeket is, de a Földközi-tenger keleti medencéjében a kasztrendszerben élő ősi Athén megállította. Azután Atlantiszt elmosta a tenger; Athén táján is történtek katasztrófák, és ezért felejtődött el az egész történet.

Nos, nagyon úgy néz ki a szöveg, mint egy politikai pamflet. Nyilván az is; végtére is Platón (és Szolón) az akkor már évszázadok óta békésen és fokozatosan detronizált athéni királyi család sarja; a család a korábban Görögország-szerte dívó és némileg az egyiptomi társadalmi rendre emlékeztető ősi berendezkedést elsöprő dór népvándorlás⁷ alatt a jelek szerint nem veszítette el hatalmát (talán még görögök előtti is lehet). Ez esetben nem képtelenség, hogy Platón a görög demokráciával szemben nem az arisztokráciát, hanem a még ősiabb állapotokat akarja restaurálni. Ez persze reménytelen volt.

Csakhogy függetlenül attól, mi volt Platón *szándéka* a történettel, Atlantisz létét nem ő találta ki, és nem az annak tulajdonított őstársadalom hívei ápolják az eszmét máig. A görög hagyományban vannak - igen halvány - egyéb független jelei a történetnek. A legfontosabb egy alighanem Szolónt parodizáló komédia;⁸ később Sztrabón tiltakozás nélkül, habár felelősséget sem vállalva, jegyzi meg, hogy az ibériai (vagyis Atlanti-parti) turdetánusoknak állítólag 6000 éves törvényeik vannak.⁹ Platón pamfletjének voltak előzményei, esetleg épp egyiptomi hagyományok formájában.

Atlantisz mint tudományos eszme

Ebből ennyi elég is. Fizikus vagyok, tehát számomra nem közvetlenül érdekesek a mítoszmagyarozatok. Platón, saját céljai érdekében, kiszínezett egy ősi és már homályos hagyományt; mi dolga ezzel a XIX. és XX. századi természettudománynak? Nos, vannak bizonyos tudományos problémák melyek megoldása egyszerűbb, ha Atlantisz létezett, és vannak bizonyos időbeli egybeesések is. Ebből alant felsorolok *néhányat*; csakis azokat, ahol magam is meggyőződtem arról, hogy a probléma vagy egybeesés létezik. Lehetnek még más fontos ilyenek is, de a kérdés irodalma nem mindig követi a szaktudományos előírásokat a források megjelölése ügyében. Jobb az óvatosság.

Először két időbeli egybeesés. Atlantisz pusztulásának Platón szerinti ideje jól egybeesik a Würm eljegesedés végével, melyet ma már pontos magfizikai módszerekkel meg tudunk határozni. (Annak pontos ideje i. e. 8300,³ de ez csak az, mikor a felmelegedés már szakadatlanúvá vált.) A felmelegedéssel a szárazföldet fedő jég elolvadt, és az emelkedő tengerek elárasztották a szárazulatokat; hogy az emelkedés *pontosan* mekkora volt, az bizonytalan, de valahol 100-200 méter közt. (Az általam látott szám 130 méter.) Ez komoly áradás, és előlthet sekélyebb szárazulatokat. Másodszor, a legrégebb ismert háziállatok kb. 10000 évvel ezelőttiek¹⁰ (pl. az angliai Starr Carr-ból ismert kutyalet). Nem az ősi magas kultúra menekülőinek első nyoma ez?

És most az Atlantisszal kényelmesen megoldható problémák. Mondtam már fentebb, hogy a lista nem teljes; akinek több kell, azoknak itt megadok két további forrást, ^{11,12} de onnan már eléggé nehéz továbbnyomozni.

Növény- és állattani furcsaságok. Több a növény- és állattani hasonlósága Nyugat-Európának a 3500 km-re lévő Észak-Amerikával, mint a Gibraltári-szoros túlfelén lévő Afrikával. Nem ezt vártuk volna.

Embertani furcsaságok. Számos ilyent soroltak már fel. Így pl. europid (vagy olyan jellegű) népeket találtak a zömmel mongolid népességű (a hagyományos elmélet szerint a Behring-szoroson át Kelet-Ázsiából érkezett) indián bennszülöttek közt. Három esetet említenék. A Mississippi forrásai táján a múlt század negyvenes éveig élt egy mandán nevű indián törzs (akkor azután, épp az amerikai telepések érkezése előtt, harcok és járványok kipusztították őket), amelynek komoly hányada fehér bőrű volt.¹³ Közép-Amerika nagy civilizációi közül kettő hordozói egy érdekes embertani típusba tartoznak, amelyről egy korunkbeli egyetemi tankönyv az alábbi mondja:¹⁴ „Jóllehet a bőre sötét színű, a hajszín rendszerint világosabb és feltűnően nagy az albínók száma. Jellemző még a gracilis testalkat és az europid vonások úgyszólván teljes túlsúlya ... Ma az alábbi törzseknél találjuk meg ennek az emberfajtának a túlsúlyát: maskoki, hopi, nahua és maya.” (Jegyezzük meg, hogy a nahuák más néven aztékok.) Végül, Dél-Amerika dél-európai felfedezői jelzik, hogy a brazíliai indián nők feltűnően szépek, és az otthoniakhoz hasonlítanak. Habár a társaitól elszakadt és az Amazonason 172 napig sodródó¹⁵ Orellana-expedíció tagjai az út vége felé már akármilyen női gyönyörűnek láthattak, a fenti tankönyv szerint a brazíliai rasszt „túlnyomórészt europid vonások jellemzik”. Eme példa különösen érdekes: a térképről láthatjuk, hogy Brazília ugrik legjobban ki az Óvilág felé. Ha Ázsia felől érkeztek volna europidok, ugyan honnan tudták volna, merre van Európa? Ha viszont Atlantiszon át vándoroltak be, épp ott várhatóak.

Hasonló találgatásokra vezettek „Fekete-Afrika” (azaz a Szaharától délre lévő terület) europidjai. Ezek a nyugati parton a fulanik (vagy fulbék vagy peulok), a keletin pl. a kusiták.¹⁶ Utóbbiak bizonyos területeken már eltűntek, nyomaik vannak kőépítmények formájában, és némileg titokzatosnak minősültek Afrikában, legalábbis az irodalom szerint.¹⁷ Europidok a négerek *mögött*, Afrika szívében? Vajon nem Atlantiszon át (vagy onnan) jutottak Egyenlítői

Afrikába? A századfordulón voltak ilyen néprajzi elméletek is, azután a gondolat leszállt a kalandregényekbe.¹⁸

Nyelvi furcsaságok. Atlantisz neve Atlasz görög titán nevéből ered vita nélkül, és Atlasz lényeges része a görög hagyománynak. Ő tartja a távoli nyugaton, az Atlasz-hegységben az eget. Van egy Atalanté nevű híres mondabeli királylány is. De a görög nyelvben e név nemigen jelent semmit. Aztékul viszont: atl = víz, és nyüzsögnek a -tl hangok. Chocoatl = csokoládé, tomatl = paradicsom, és az aztékok Aztlánból származnak. Véletlen, vagy az óceánon át jött a hagyomány?

Európa nyugati szélén rokontalanul él a baszk nyelv Minden más európai nyelvtől külön áll. De íme, mit ír W D. Whitney nyelvész 1875-ben a baszkokról:¹⁹ „az óvilágban egyetlen nyelv sincs, mely szerkezet dolgában annyira, hasonlítana hozzá, mint az amerikai nyelvek”. Nem furcsa? Itt most abba is hagyom. Nem mutat mindez Atlantisz felé?

Kemény és lágy elméletek

De bizony, hogy oda mutat. Nem véletlenül mondotta V. Brjuszov *költő*:¹¹ „Az atlantidák világának elfogadása a ókori történelem legégetőbb rejtélyeit is megoldja ... Érthetővé válik az emberiség legrégibb kultúráinak egysége ... Atlantisz szükséges a történelem számára, és éppen ezért fel kell tární.” Csakhogy sok más tény épp ellenkező irányba mutat. És azok keményebb, jobban számszerűsíthető tudományok tényei, pl. fizikai, geofizikai és geológiai tények. Lássunk néhányat!

Való igaz, hogy az Atlanti-óceán közepén, durván észak déli irányban húzódik egy magas kiemelkedés a fenéken; e az Atlanti-hátság, nyilvánvaló jelölt Atlantiszra. Csakhogy, mindenhol mélyebben van 2000 méternél. Az ugyan soha sem lehetett szárazon a legutóbbi eljegesedés alatt!

Na és mi van akkor, ha volt egy tenger fölé nyúló csúcsa egy szárazföld, amely mondjuk akkora, mint Grönland, és az, teszem azt robbanásszerű vulkánkitörésekben, elpusztult, leomlott? Nos, itt kezdődik a fizikus kompetenciája. Itt fizikai folyamatokról van szó, azoknak van jellemző energiája, időtartama meg efféle, amiben nem lehet alkudozni. De jegyezzük meg: *hasonló* katasztrófák történtek a Földön.

Jáva és Szumátra közt volt egy Krakatau nevű vulkáni sziget. A tűzhányó 1883-ban, két évszázados nyugalom után kitört, lerombolva a sziget nagy részét, és elpusztítva 18 km³ kőzetet.²⁰ Valamikor a bronzkorban, úgy 900 évvel Szolónék előtt, Kréta és Athén közt kitört a Théra (vagy Szantorin) vulkán, lerombolva szigetekkéje nagyobbik részét, és elpusztítva (lerombolva, szétszórva) 72 km³ anyagot. A sziget lakott volt. Ezek voltak történelmünk ismert legnagyobb efféle katasztrófái. Héderváry megbecsülte a Szantorin katasztrófájában (napok alatt) felszabaduló energiát. A számérték nem mond sokat. Két összehasonlítás inkább: az energia az 1896 és 1962 közt kipattant összes földrengés *egyesített* energiájának 9-szerese, és az ismert leghevesebb földrengés energiájának 223-szorosa. Az elmúlt 5000 évben nem volt még egy ekkora katasztrófa, tehát nem valószínű, hogy az elmúlt 10000 évben ennél sokszorta nagyobb lett volna.

Szóval földtani folyamatok napok alatt elpusztíthatnak egy lakott szigetet. Ha kicsi. De ha pl. akkora, mint Grönland? Az 2 millió km². Ha ennyi anyagot akarunk 2000 méter mélységig elpusztítani, az 4 millió km³ anyag, 50000-szerese a Szantorinnál elpusztultnak. Még egy tizedakkora sziget lerombolásához is 5000-szer akkora energia kellene, mint a Szantorin kitörésében felszabadult.

Nos, a földrengéseknek megvannak a maguk törvényszerűségei: ezeket nem mind ismerjük, de azért megvannak. Mennél nagyobb egy rengés, annál ritkábban pattan ki. Egy Szantorin-méretű rengéshez, úgy látszik, 5000 év kell; egy 5000-szer, vagy 50000-szer nagyobb rengés 10000 évenként egyáltalán nem várható. Ezért elhanyagolhatóan kicsiny az esélye annak, hogy 10000 éve volt egy ekkora, ha csak 10000 éve nem volt valami különösen aktív szakasz a Föld életében, de annak más jeleit is kellene látnunk. A tudomány pedig nem úgy dolgozik, hogy a későbbi eseményt egy *valószínűtlen* korábbival magyarázza: ilyen tudománnyal semmire sem mennénk.

A fenti valószínűségi érvelés persze azonnal érvényét veszti, ha megtaláljuk a pusztulás maradványait. Erre volna is esély: millió km³ anyag még a tenger alatt sem tűnhet el. Egy nyom van is: a századforduló táján az Atlanti-hátságól lávadarabot emelt ki egy kutatóhajó, és a vizsgálat arra mutatott, hogy levegőn szilárdult meg, kb. tízezer éve. (Ismertette Termier francia geológus egy 1912-es párizsi tudományos konferencián.²¹) Az ügyre nemsokára visszatérünk; addig csak annyit, hogy a római jog szerint egy tanú nem tanú. Hol a többi anyag?

Menjünk most tovább! A század elején Wegener felismerte, hogy a térképen szépen összeillik Afrika nyugati és Dél-Amerika keleti partja. Bizonyos kőzetek meg Nyugat-Európa és Észak-Amerika közt folytonosak. Megalkotta hát a kontinensvándorlás elméletét: a kontinensek különböző sebességekkel úsznak a Föld olvadt anyagán.²² Próbálta mérni is a sebességet: szerinte Grönland évi 32 métert úszik Amerika felé, miközben Észak-Amerika évi 3,5 métert távolodik Európától.^{22, 23}

Ez nagyon nem tetszett a geológusoknak. Nem is csoda. A vonatkozó számítások részleteit sohasem láttam, de könnyű követni, mi a baj. Egyrészt az óceánok fenekén is van kéreg, és azt nehéz lenne széttolnia az úszó Afrikának. Másrészt, ha valami lassan mozog egy sűrűlódó folyadékban, akkor ehhez egy sebességével arányos erő kell. Megszorozva Grönland mért sebességét a méreteivel meg a magma sűrűlódási együtthatójával, akkora erőt kapnánk, amire egyszerűen nincs mód (mert pl. az darabokra szaggatná a kontinenseket). Kár, mert Wegener ötlete jól magyarázta volna a partvonalak hasonlóságait, és a megkövült őslénymaradványok hasonlóságait is távoli földrészekben. Az elgondolás szuggesztív erejű volt (Termier azt mondta, olyan neki, mint egy „szép álm”²²). És ha *ekkor*a mozgások folynának a kéregben, akkor Atlantisz maradványai is eltűnhettek volna szemünk elől.

Lehet, hogy az elutasítás kategorikusnak tűnik, de egy hasonló esetre alkalmazható Weisskopf szép példája. Ha egy felfedező jönne, és azt mondaná a földrajztudósoknak, hogy talált egy 30 km magas hegyet (nem a Marson és nem gyémántból), nem is kellene ellenőrizni. Miért? A hegy alján egy molekulát nyom minden felette lévő, és ettől energiája kb. annyival nő, mint amennyi helyzeti energiája lenne, ha felvinnék a hegy tetejére. Ezt ki tudjuk számítani. Ha nagyobb lenne, mint a megolvasztásához kellő hő (amit ismerünk), akkor a hegy alul szétfolyna. Innen adódik egy kb. 10 km maximális magasság,²⁴ és az úgy is van.

Sajnos, Wegener elméletének elvetése után a helyzet nem lett világos. A régészek egy sereg adatot produkáltak pl. olyan állatvándorlásokra, melyek a mai térképeken érthetetlenek. Vegyük pl. Nyugat-Európát és Észak-Amerikát! Az átvándorolt első francia és angol telepések lényegében a megszokottakhoz hasonló állatokat találtak. Ott is volt farkas, medve, szarvas, görény, csak kicsit másfajta. Ló nem volt, de később kiderült, hogy az észak-amerikai ló „nemrég” pusztult ki. Kézenfekvő volt arra gondolni, hogy régebben létezett egy földhíd, amely azután elsüllyedt. A kövületek hasonlóságaiából és eltéréseiből látszott, hogy a kapcsolat a miocén korszakig állt fent.

Ez mintha egészen Atlantisz-szerűen hangzana. Csakhogy a miocén korban még nem volt ember, a földhidat meg nem lehetett Atlantisz felé vinni, mert ott túl mély ma a tenger.

Homályosan egy északi útra gondoltak, Britannián, a Shetland-okon, Farøeren, Izlandon és Grönlandon át Kanadába. Erre a legtöbb helyen a tenger aránylag sekély (ma nem mélyebb 600 méternél), helyütt-helyütt meg az állatok átúszhattak. Gyermekkoromban az ismeretterjesztő művek meg a múzeumi falitérképek tele voltak ilyen bizonytalan földhidakkal, amelyeket homályosan zátonyok soraként képzelhettünk el, a térképen meg olyasmiknek, mint ma az Ázsia és Ausztrália közt húzódó Indonéziát. Hogy ezek hogyan jöttek létre és hogyan pusztultak el, az megint csak némileg homályos volt. Egyszerű elöntés nem jöhetett szóba. Ha a mai összes jég elolvadna, az óceánok szintje úgy 100 méterrel emelkedne, és ennél több víz a Földön a belátható múltban sem lehetett, de kevesebb sem nagyon. 600 méterrel lejjebb akkor mehetne a tengerszint, ha az összes szárazföldet 1800 méter vastag kifagyott jégtakaró borítaná, és ilyen hiper-eljegesedés biztosan nem volt az oligocénban. Persze földtörténeti korszakok alatt *lassan* sok minden történhetett, hiszen a „hegyképző erők” felgyűrték valahogyan az Alpokat és a Kaukázust is.

Nos, az egész homályos kép hasonlított az Atlantisz-pártiak érvelésére. Földhidak, vándorlások, süllyedések és elöntések. Csak(!?) hosszabb idők alatt. A századfordulón a miocént még 1-2 millió évre tették tőlünk (részletek a következő részben), később ezt megtízszerezték, 20-30 millióra. Nem csoda, hogy a 60-as évekig az Atlantiszt használó elméletek még valahol a tudomány perifériáján voltak. Geológiai konferencián nem lett volna célszerű előadni őket, de talán néprajzin még elmentek volna, ha az előadónak sok néprajzi hasonlósága van ami megmagyarázandó, és nem lovagol nagyon a földrajzi részleteken. Ténylegesen, szakmunkák irodalomjegyzékében máig túlélte egy *hasznos* ötlet.²⁶ A dél-indiai tamilok és a kelet-afrikai etiópok közt vannak embertani hasonlóságok; mindkettő *mintha* europid-negrid keverék lenne. Másrészt tudjuk, hogy Kelet-Afrika valamikor összefüggött Indiával; elképzelhetünk és elképzelték azóta elsüllyedt szigeteket és zátonyokat Szomáli-földtől keletre, ahogyan valamilyen csatlakoznak a Maldive és Laccadive szigetekhez. (Érdekes, hogy ehhez hasonló szigetsorokat láthatunk Martin Behaim 1492-es földgömbjén is.²⁵) Nos, V. Giuffrida-Ruggieri embertani elméletében az etiópok és a tamilok a felső őskőkorban még együtt éltek Kelet-Afrikában, tehát a földhíd az ember megjelenése után tűnt volna el. Eme elméletet ma már nem fogadják el, de lehetőségként még embertani szakmunkában megemlíthető.²⁶

Szóval valamikor a 60-as évek elején Atlantisz már nagyon valószínűtlen volt, de megemlíthető. A geológus bármikor meg tudta cáfolni,²⁶ de néprajzi ihletésű ismeretterjesztő művekben még esetenként valószínűsítették.²⁷ A helyzet azután a 60-as évek közepén a globális lemeztektonikai szemlélet megjelenésével vált tisztábbá.

A mozgó földkéreg

Wegener nem volt áltudós, csak éppen nem volt igaza. Amit felismert, az tény volt, csak magyarázata volt helytelen. És a tényeket előbb-utóbb meg kell magyarázni, és meg is magyarázzák őket. Egyre csak gyűltek a bizonyítékok távoli partok összefüggésére, gyarapodtak a kormeghatározások adatai, és az ősi kőzetekből sikerült meghatározni a megszilárdulásuk pillanatában volt mágneses észak-déli irányt. De különböző kontinenseken végzett iránymérések nem ugyanarra mutattak. A kontinensek legalábbis forognak. Mindez arra mutatott, hogy a földkéreg nem egyetlen egész, hanem darabokból, táblákból áll. Ahogy ezek egymás mellett elcsúsznak, a táblákon hordozott kontinensek is mozognak. Az elmélet legegyszerűbb volt Afrika és Dél-Amerika közt ellenőrizni: kutatóhajók mintákat vettek az óceán fenekéről, és elemezték korukat. Az eredmény: az Atlanti-hátságban az anyag fiatal, onnan mindkét irányban öregszik, és egészen a két part mellett 80 millió éves. A két széttolódó tábla közt tehát a hátságban tör fel az új anyag, ami mindig kipótolja a kérget. Itt van a *bizonyítéka* a

mozgásnak: mondhatni, közvetlenül *látjuk*, mi történik. Hasonló mozgás folyik Európa és Észak-Amerika közt, de ott később indult. Izland egyenesen szétszakadóban van.²⁸

De nem épp ezt cáfolták meg Wegener idejében? Divat kérdése volna a tudományos igazság? Nem; a természettudományban nem divatok vannak. Az új elmélet két pontban más. A kontinensek nem mozognak a tengerfenéken: az Atlanti-óceán fenekének egy része az afrikai, más része a dél-amerikai táblához tartozik. És a sebességek jóval kisebbek, mint a Wegener mérte adatok: kb. századrésznyeiek. *Ekkora* erők hathatnak a kéregben. Mikor Wegener hibás méréseit szilárd geofizikai tények alapján megcáfolták, sajnos, a fürdővízzel együtt a gyerek is kiömlött. De igazság úgylis csak egy van, és előbb-utóbb megtaláljuk.

De ha mai tudásunkkal nézünk az Atlanti-hátságba, már nem ősi, alámerült hegységet látunk. Ott jön ki az anyag; ha a hátság valamit csinál, akkor nem süllyed, hanem emelkedik. Ezzel végképp elveszett szemünk előtt az Európa és Amerika közti kontinens. A földtanban már semmire nem lehet hivatkozni Atlantisz pártján.

És Termier lávadarabja? Mondottuk: egy tanú nem tanú. Két lehetőség van. Vagy a századfordulón elvégzett vizsgálat pontatlan volt (ha még megvolna a minta, meg lehet ismételni az elemzést), vagy egy Szantorin-méretű sziget hatalmas vulkánkitöréstől elpusztult az óceán közepén. De csak egy, és csak akkora. Ha a katasztrófa nem volt sokkal nagyobb, mint a szantorini, akkor a sziget nem lehetett nagyobb 100 km²-nél. (Mondottuk: ennél *sokkal* nagyobb kitörés egyszeri bekövetkezése 10000 év alatt *valószínűtlen*.) Ekkora sziget elsüllyedése viszont még ideológiát is gyárthatunk: ha pl. a hátságból emelkedett volt ki, akkor az ottani nagy vulkáni aktivitás el is pusztíthatta. Nem őriztünk meg ezzel valami kicsike Atlantiszt?

Nem. Nem beszélve arról, miféle méreteket említ Platón, egy 100 km²-es sziget az óceán közepén egyszerűen semmire sem jó. Nem magyaráz meg semmit.

E mini-Atlantisz nem lehetett az emberiség őshazája: a régészek tele vannak leletekkel, és az ősember biztosan nem úszva érkezett az Óvilágba. Valahonnan oda kellett jutnia a lakosságának, hogy magas kultúrát fejleszthessen. Mármost képzeljük el, hogy mondjuk 15000 éve az altamirai barlangfestő emberek egy törzse tutajokon nekivág az óceánnak, néhány ezer kilométert sodródik, *véletlenül* kivetődik egy kis szigetre, ott saját erejéből az Óvilág előtt évezredekkel rájön pl. a fémolvasztásra, és szaporodik és sokasodik, *onnan* betelepítve mindkét kontinens partját. Enyhén szólva hihetetlen; egy mindentől távoli 100 km²-es sziget egyszerűen nem ad magyarázatot *semmire*, amit problémaként korábban felsoroltunk. Ilyent keresni sem érdemes.

Röviden még egyszer: Véleményem szerint (e kifejezésről még gyermekkoromban tanultam meg az iskolában, hogy fontosabb kijelentések elé illik udvariasságból odatenni, és csakis ezért áll most itt) a fizika, geofizika és geológia eddig összegyűlt ismeretei és megismert törvényszerűségei szerint i. e. 9500 előtt közvetlenül nem létezhetett az Atlanti-óceán közepén egy i. e. 9500 körül elpusztuló olyan szigetcsoport, nagy sziget vagy kis kontinens, amely

- kellő idővel korábban elérhető lett volna a Délnyugat-Európában vagy Északnyugat-Afrikában akkor élt késő-paleolit embereknek (cro-magnoniak, aurignaciak, magdaléniak stb.), hogy primitív eszközökkel elérhessék, ami feltétele volt a későbbi magas kultúra kifejlődésének;

- kellő méretű lett volna ahhoz, hogy onnan elegendő számú ember vándoroljon ki Amerikába „ősi kultúrával” és europid kinézettel látva el a mayák, aztékok és brazil őslakók eleit; továbbá közvetítve nyelvi sajátosságokat (alighanem ellentétes irányba);

- kellő szilárdságú lett volna ahhoz, hogy rajta stabilis civilizáció élhessen sokáig, városokkal, mezőgazdasággal, fémolvasztással stb.;

- kellően rövid idő alatt nyom nélkül tűnt volna el.

Bármit is mondjanak néprajzi, embertani, nyelvi hasonlóságok, ez nem megy. Tegyük hozzá, hogy a zoológiai és botanikai egyezéseket a geológia mintegy 20 éve végre megmagyarázta: a múltban hosszabb ideig Észak-Amerika és Európa (Dél-Európa egy kis része nélkül, de Észak-Ázsiával) együvé tartozott, és Lauráziát alkotta, szemben Afrikával, Dél-Amerikával, Indiával, Ausztráliával és az Antarktisszal, mely viszont Gondwana néven tartozott össze. Ezzel mindent értünk, ami az 50-80 millió évnél nem újabb kapcsolatokat illeti; ezek után már csak az emberekkel kapcsolatos furcsaságok maradnak; és Platón.

Ezek viszont még vannak. Atlantiszt nem szenzációhajhász „áltudósok” és álhírlapírók találták ki, hanem a földközi-tengeri hagyomány és a későbbi tudomány. És ami még mindig itt maradt nekünk, az rejtély. Még mindig igaz, hogy különböző adatok különböző irányokba mutatnak; csak ma már jóval kevesebb és jóval gyengébb adat mutat Atlantiszra, mint vele szembe. Még ma sem értünk *mindent*, amit Atlantisz létének bizonyítására a múltban felhoztak, csak ma már arra számíthatunk, hogy előbb-utóbb ezeket is megértjük Atlantisz nélkül. A könyv utolsó részében visszatérünk még a kérdésre, és megpróbáljuk, hogy a „rejtélyt” tovább redukáljuk néhány kisebb problémára; de előbb még intézzünk el egy kétségbeesett próbálkozást. Atlantisz ugyanis létezhetett, ha valahogyan alapvető bajok vannak az időrenddel, illetve szigorúbban véve az idővel magával is, vagy ha „idegen űrhajósok” nagy munkája folyt Földünkön.

A második lehetőség egyszerűbb, unalmasabb és érdektelenebb. Ha idegen űrhajósok a jégkorszak idején valamiért telepeket tartottak fenn a Földön, akkor rejtélyeket helyezhettek el történelmünkben. Gondolhatunk pl. arra, hogy Közép-Amerikában volt a központjuk, de fejlett járműveikkel átjártak az Óvilágba; nyomot hagytak a legendákban, és rabszolgákat hordtak innen oda, saját céljaikra. Azután i. e. 9500 körül végleg távoztak, vagy ami még jobban illene a mítoszhoz, katasztrófában elpusztították magukat. Ez magyarázna mindent, ami az eddig mondottakból még fennmaradt.

Nem tudok arról, hogy eme ötletet komolyan vették és részleteiben kidolgozták volna, de attól még megvitathatjuk. Esetleges hívei iránti előzékenységből még egy további érvet is említek; persze saját érvemet azután könnyen meg is tudom cáfolni. Eszerint: a Kolumbusz után felfedezett és az Óvilágba hozott számos kitűnő haszonnövény lehet a „földönkívüliek” genetikai munkájának eredménye. (Gondoljuk meg: ma már rá sem ismernénk a Tiszántúltra kukorica, paprika, paradicsom és dohány nélkül, és ez mind Amerikából való.)

Csakhogy eme amerikai növények vad alakjai mind megvannak (kivéve a kukoricát, de ott is biztatóak a kutatások).^{29,30} Ezekből pedig az ősideán ugyanolyan módon kinemesíthette a kultúralakokat, mint mi az Óvilágban; a dohány esetében sikerült is rekonstruálni a folyamatot;¹⁹ semmilyen „genetikai manipuláció” nem kellett hozzá, csak közel-rokon fajok keresztezése, és nyilván alapos kiválogatás. Egyébként a régészeti adatok szerint az amerikai földművelés későbbi az óvilágiénál; az állattenyésztés pedig fejletlen volt, számos amerikai törzsnek csak két állata volt: kutya és pulyka.

Érdekes gondolat lenne, amint az ősi Athén megállította a fejlettebb földönkívüli civilizáció terjeszkedését; önmagában nem is volna képtelenség, hiszen egy-egy expedíciót korunkban is el tudtak űzni vagy meg tudtak enni braziliai indián törzsek kőkorszaki technikával. A probléma nem ez, hanem: honnan jöttek, és hogy tűnhettek el nyomtalanul?

Először a második kérdéstről. Egy űrből érkezett civilizáció nyilván technikai, alighanem atomenergiát is használ. Ennek akár egyetlen támaszpontja is nyomokat hagyna hátra. Amerika indiánjai csak a nemesfémeket és a rezet tudták előállítani és használni; a hátrahagyott épületekből, hulladékból alumíniumnak, vasnak és ki tudja minek kellene előkerülnie, és csak

maradt volna valami a nukleáris üzemanyagból is. Az urán felezési ideje 4 milliárd év, és még a plutóniumé is 24000 év, és sugárzásuk nyomra vezethetne. Semmi ilyent nem látunk.

Ne értsük félre. *Egyetlen* kutatóút kevés maradványa elkerülhette figyelmünket. De az Atlantisz-történetet csak akkor magyarázhatjuk földönkívüliekkel, ha azok hosszabb időre berendezkedtek valahol. Olyan lények, akik Amerika és Európa közt kapcsolatot létesítenek, embereket visznek innen oda, nem tűnhetnek el *anyag*i nyomok nélkül.

De még ha erre valaki ki is találna valami nagyon bonyolult magyarázatot: *honnan* jöttek? A lehetséges válaszokat két csoportra oszthatjuk: a Naprendszerből vagy azon kívülről.

A Naprendszeren belülről gond nélkül el lehet érni a Földet, rövid időn belül mi is képesek leszünk ide-oda közlekedni a rendszerben. És a Naprendszeren belüli földönkívüli élet sem nem kizárt, sem nem a „hivatalos tudományon kívüli”. Carl Sagan, aki biokémikus szakember, és a „hivatalos tudomány” része, 3 lehetőséget sorol fel: a Marsot, az óriásbolygók (pl. a Jupiter) alsóbb rétegeit, és a Titánt, a Szaturnusz nagy holdját.³¹ Az elsőről lesz szó a következő részben. A Jupiter szerves anyagban gazdag. Hideg ugyan, tehát víz helyett folyékony ammónia kellene legyen az egyetemes oldószer, de lehet ilyen szerves kémiát is művelni.³² A Titán esete is a Jupiterhez hasonlít.

Csak hogy a második és harmadik lehetőséget (melyekről gyakorlatilag ma még semmit sem tudunk) ki is zárhatjuk jelen megfontolásainkból. Ilyen lények Földünkön állandóan űruhában létezhetnének csak; kutatóutakat tehetnének, de hosszabb időre letelepedni, és beavatkozni a földi történelembe...? Marad a Mars; ha ott nincs *értelmes* élet, a Naprendszer ki van zárva.

A Naprendszeren kívül számos oxigént lélegző, vizet ivó értelmes lény létezhet. A Galaxisban 100 milliárd csillag van. Ennek ugyan csak töredéke hasonló a Naphoz, és nem mindnek vannak bolygói, de ezzel együtt is igen sok bolygórendszer lehet a miénkhez hasonló. Hogy azután ezekből hányon fejlődött ki értelem, azt nem tudjuk, mert nem ismerjük még *elég* az élet és értelem fejlődésének *általános* törvényeit. Mindenesetre 100 milliárd csillag esetén még a „pesszimista” becslések sem zárják ki más értelmekek létét. A különböző számítások eredményeként az értelmes civilizációk bolygói közti átlagos távolság 100 és 5000 fényév közt lehet.³³ Hogy ezen belül hol, az már mindegy is.

A relativitáselmélet szerint űrhajót nem tudunk fénysebesség fölé gyorsítani. Ezért 100 fényév távolságból az oda-vissza út 200 év. Ez *számunkra* jó néhány generáció; nem valószínű, hogy egy civilizáció rendszeresen kiküld sok generáció után visszaérő expedíciókat, hiszen ha a kiküldők kíváncsiak az eredményre, akkor így nem tudhatják meg, ha meg nem kíváncsiak, akkor minek. Persze lehetnek az idegenek nagyon hosszú életűek is: ez vagy természetes, vagy mesterségesen hosszabbították meg életüket.

De a Tejútrendszer minden bolygórendszere *nagyságrendileg* olyan öreg mint mi, vagy fiatalabb. (A Naprendszer 4,6 milliárd éves, a Tejútrendszer 10-13 milliárd éves. Nagyon lassú nemzedékváltású élet nagyon lassan fejlődik és nem lesz nálunk okosabb. Aki meg mesterségesen sokszorosára nyújtotta életét, az alighanem értékeli, félti, és nem végez rendszeresen veszélyes kutatóutakat. Naprendszeren kívüli értelmes lények látogatását csak akkor várhatjuk, ha valamilyen rendkívül trükkös módon fénysebességnél gyorsabban utaznak. Erről általában azt tartják, hogy a modern tudomány kizárta; hogy kizárta-e, arról szó lesz a IV. részben.

Zűrzavar az időben?

És most, sorra véve a többi lehetőséget, hátramaradt még a legnagyobb falat: biztosak vagyunk-e, hogy tudományaink időrendje helyes, illetve hogy az idő olyan egyszerűen működik, mint ahogyan hisszük?

Ezt is bontsuk kétfelé! Atlantisz létezhetett, ha összekeverednek a geológiai és biológiai időskálák, illetve ha lakói saját jövőnkől valók voltak. Egyik sem valószínű, de ne intézzük el egyszerűen ezzel!

Az Atlantisz-történetben valódi esemény őrződhetett volna meg, ha ember élt volna már a miocén korban, amikor Európa elszakadt Amerikától, nyilván heves földrengések kíséretében. Ehhez hasonló ötletek azok is, melyek sziklarajzokon dinoszauruszokat vélnek felismerni, vagy melyek szerint a világszerte mesékben gyakori sárkányok az őshüllők emlékei. (Ehhez még régebben, a krétában kellett volna élnünk.) Élhetett-e az ember a miocénban? Nem. Függetlenül a kormeghatározás problémáitól, a földtani rétegek *relatív* kora már évszázada biztos; az az újabb, amely világszerte a régebbi felett van. Miocén rétegben primitív majmokat találtak, de embert soha; emberszerű, fokozatosan emberesedő lények később jelennek meg, a pliocénban, és eleinte még ezek agya is kicsiny. Gondolkodó őseink még nem éltek az Atlanti-óceán kinyílásakor.

De nem lehet-e, hogy rosszul ismerjük a geológiai korok hosszát? Nem létezhet-e a mai ember mondjuk millió éve?³⁴ Ennyi idő alatt egy nagyobb sziget szép folyamatosan eltűnhetett. Ekkor ugyan Plátón adatai is helytelenek, de ezzel nem intézhetjük el a kérdést. Honnan tudjuk az ősemberi leletek években kifejezett korát?

Nos, a fizikai módszerekkel történő kormeghatározásoknak számos részlete van.³⁵ Ezeket mellőzve, a legbiztosabb eljárások bomlékony atommagok mennyiségének mérésén alapulnak. Ennek törvényszerűségeit egyrészt jól ismerjük tapasztalatból, másrészt olyan alapvető fizikai jelenségektől függenek, amelyek néhány millió éve ugyanúgy folytak, mint ma, és a föld mélyében is ugyanolyanok, mint a laboratóriumban.

Ez nem tekintélyelvű kijelentés; egy ugyanakkora könyvben be tudnám bizonyítani az olvasónak, de erre itt nincs hely. Most csak annyit, hogy az atommag belsejében olyan energia-koncentráció van, amelyhez képest a Földön előforduló energiák már mit sem számítanak; hogy a múltban a fizikai „állandók” (mint pl. az elektron töltése) ugyanakkorák voltak-e, mint ma, azt a fizika és csillagászat vizsgálja.³⁶ Nem lehetetlen, hogy ezek *évmilliárdok* alatt észrevehetően változzanak, de évmilliók alatt biztosan nem; az Androméda-ködnek 2 millió éves fényét látjuk, és minden anyag minden megmért színeképvonala olyan, mint itt és most.

Nos, ezek után már mérhetünk. A levegőben lévő CO₂ szénatomjainak egy kicsiny hányada radioaktív ¹⁴C; tudjuk, mennyi. Az élőlények beépítik a szén magukba, de haláluk után a ¹⁴C mennyisége 5700 évenként felére csökken. (Ezt laboratóriumban pontosan megmérhetjük.) Megnézzük egy csontban a ¹⁴C arányát, és tudjuk, mennyi idős. (Finom problémák persze vannak, és a mérés nem is könnyű.) Innen tudjuk, hogy a mai ember Európában kevéssel idősebb csak 30000 évnél.³ Pontatlanságokat el lehet képzelni, alapvető hibát aligha. Sajnos, valahol 40-50000 év előtt a módszer már nem működik, mert alig marad sugárzó ¹⁴C. Hosszú időkre a kálium-argon módszer használható: a kálium egy radioaktív izotópja argonra bomlik; ha a kőzet elég tömör, az argon bentmarad, és megmérhető, hányadrésze bomlott el a káliumnak. Mivel az izotóp felezési ideje kb. milliárd év, a módszer 1-2 millió év alatt nem működik, de ősi afrikai előemberek korát sikerült vele meghatározni. Azok voltak 1-2 millió évesek,³⁷ de koponyájuk nem arra mutat, mintha magas technikai civilizációt lettek volna képesek létrehozni.

Marad az, hogy „az idő szövetében valamilyen hasadások vagy eltolódások” keletkeznek. Ez nagy horderejű kérdés, és a IV. részre marad.

Ugyanúgy, mint a második lehetőség, amely szerint Atlantisz lakói saját jövőnkől valók voltak. Élhetek Közép-Amerikában, vagy egy mesterséges szigeten; amikor elvégezték dolgukat, amit nem látunk át, vagy amikor muszáj volt nekik, visszamentek a jövőbe.

Tetszetős ötlet, de súlyos problémái vannak. E feltételezett időutazók ugyanis megváltoztatták a történelmet (ugyanis Atlantisz létét történelmi jelenségek megmagyarázása érdekében tételezték fel). Ha viszont valaki megváltoztatja saját múltját, nem változtatja meg azzal saját *jelenét* is? Az ilyesmi paradoxonokba szokott torkolni. Ez megint túl nagy horderejű ügy, és az olvasó megkéretik várni a IV. részig. E részt pedig zárjuk az alábbi konklúzióval: bármilyen kényelmes lenne *bizonyos* történelmi (nyelvészeti, embertani) problémákat Atlantisz létezésével magyarázni, erre a fizika, geofizika és geológia nem ad lehetőséget. Kivéve, ha a Naprendszerben van (vagy 10000 éve volt) fejlett, nálunk élni képes technikai civilizáció (marslakók), amely valamiért komolyan beavatkozott történelmünkbe, és azután elmosta nyomait, vagy ha a téridő megenged fénynél gyorsabb űrutazást, esetleg időutazást. Szerény véleményem szerint ilyen súlyú dolgokra nem helyes amerikai törzsek europid kinézetéből következtetni, de azért majd ezt is megvizsgáljuk.

III. A Mars eltűnt csatornái

1912 februárjában a „The All-Story” magazin hozzákezdett egy elsőkönyves szerző művének folytatásos közléséhez. A mű címe „Under the Moons of Mars” (A Mars holdjai alatt) volt, később önálló könyvként „A Princess of Mars” (Marsbeli hercegnő) lette a címe, a szerző pedig az akkor 37 éves Edgar Rice Burroughs (szül.: Chicago, Ill. 1875., megh.: Encino, Cal. 1950.), akit mi inkább a Tarzan-könyvek írójaként ismerünk. De marsbeli történetének írójaként is híres volt korában, és könyveit ma is nagy példányszámban adják el. Marsbeli kalandregényeit 30 éven át írta, egy 11 kötetes sorozattá állnak össze, és a mesés történetek közben részletes leírását adják a Mars „földrajzának” (a megfelelő szakkifejezés areográfia, mert a Mars görögül Árész), élőlényeinek és társadalmának. A világ angolul beszélő részén generációk nőttek fel e kamaszkori olvasmányokon.

Burroughs Marsa haldokló, de még nem halott bolygó. Levegője nagyon ritka, és még e ritka légkört is mesterségesen tartják fenn. Majdnem egész felszíne sivatag, habár nem teljesen kihalt sivatag, mert okkerszínű moha terem benne. Vize alig van, kivéve a sarki jégsapkákat, egy-két még visszamaradt mocsarat és a csatornákat. E csatornák mesterséges vízvezetékek a föld alatt, melyeket a bolygó kiszáradása közben a pusztulással küzdő lakosság épített a sarki jégtől városainak ellátására. A lakosság egy része nagyjából emberszerű, habár bőre rézszerű és asszonyai tojasokat raknak. A technika szintje valamivel magasabb, mint a Földön.

Űrszondáink azóta leszálltak a Marson, de a regények világát nem találták meg. Ez persze gyakori a tudományos-fantasztikus irodalom történetében, így csodálkozásra semmi ok. Mondhatni: Burroughs megálmodott egy kalandtörténeteihez színpadnak hasznos Marsot, de álma nem volt megalapozott. Minek erről tovább beszélni?

Csakhogy Burroughs nem *megálmodta* Marsát, hanem bizonyos tudományos feltevések, valamint többé-kevésbé tudományosnak tekinthető könyvek alapján dolgozott. Bár fantasztikus kalandregények írója volt, könyvei jól illusztrálják a bolygókutatás *egyik akkori* irányzatát. Ezért említettük meg. Még néhány szót a Burroughs-féle Marsról, mielőtt a művét lehetővé tevő tudományos elméletekre térnénk:

Burroughs szerint az élet a Marson 23 millió éve keletkezett, az egyenlítőn. Korunk előtt mintegy fél és egy millió év közt kezdődött a kiszáradás. Szerinte ma a felszínt általában moha és zuzmó borítja, a fák ritkák, kivéve a kevés, vízzel ellátott területet. A madarak és halak kihaltak, kivéve a bolygó föld alatti folyóit és a déli sarkvidéket. Az értelmes lények hozzászoktak a víztelenséghez, és hosszú időt bírnak ki víz és élelem nélkül. További részleteket az érdeklődő magukból a regényekből, vagy John Flint Roy összefoglaló művéből tudhat meg.

Nos, első műve közlésekor, 1912-ben Burroughs hivatkozhatott tudományos állításokra, ha egy értelmes életet hordozó, kiszáradóban lévő, ritka, de belélegezhető levegőjű, csatornákkal és városokkal ellátott néhány tucat millió éves Marsban kívánt hinni. Lássuk, miféle tudományos állítások voltak ezek?

Először a legegyszerűbb kérdéstről. Burroughs szerint a Marson az élet 23 millió éves; maga a Mars ennél valamivel idősebb. Mondjuk, legyen 30-40 millió éves. Miért gondolta éppen ezt? Nos, a múlt század végén a fizika véleménye az volt, hogy a Föld kb. 40 millió éves, és kevésbé határozottan ugyan, de a Nap korát is ehhez hasonlóan gondolták. A Föld korát Lord Kelvin határozta meg (aki kitűnő fizikus volt): feltette, hogy a Föld kezdetben olvadt volt, és onnan hűlt mai hőmérsékletére. Összetételét és tömegét tudjuk, belső hője mérhető ma, a hősugárzás törvényeit ismerjük: innen a Föld kora tényleg kiszámítható. A Nap nem volt ennyire tiszta ügy, de úgy gondolták, alighanem összehúzódása közbeni felmelegedése pótolja

kisugárzott hőjét. Egy nagyon nagy Nap mai méretére összehúzódva Helmholtz számításai szerint 30 millió évig képes mai teljesítményével sugározni: ez lenne hát a Nap kora.

Eme adatokat tehát a Természet alapvető törvényeiből számították ki, és innen azután könnyű volt megmondani, mennyi ideig tartott az élővilág kifejlődése. A földtörténeti újkorra (a dino-szaurosok kihalásától a jégkorszakig) pl. kb. 3 millió év jutott: Darwin követői ugyan erős-ködtek, hogy a lovak kialakulásához legalább 6 millió év kellene, de Lord Kelvinnek nem volt miből adnia.

Feltehető volt, hogy a bolygók nagyjából egyszerre keletkeztek. Ekkor a Mars, amelynek tömege a Földének csak tizede, néhány millió év alatt tényleg elveszthette levegője és vize nagy részét; ráadásul a hűlő Naptól messzebb zordabbá is vált éghajlata. Ha tehát reá nézünk - gondolták - saját távoli jövőnket látjuk, vélhetően a küzdelmek során messzebb jutott értelmes lényekkel. Hol van itt az önkényes képzelet?

Sivatag és csatornák

A múlt század végén már jó távcsöveink voltak. A Föld két legközelebbi bolygósomszédja a Vénusz és a Mars: az előzőn felhői miatt semmit sem láttak, célszerű volt az utóbbira összpontosítani. Sajnos, a fizika törvényei behatárolták a lehetőségeket. Legnagyobb távcsöveinkkel a Holdon vagy 100 méteres tárgyakat láthatunk meg; a Mars, mikor legközelebb jár is, több mint 100-szor messzebb van, tehát 10-100 km-es alakzatokat vehetnénk észre. Sajnos ezt még rontja a Mars saját légköre is, amely tovább mossa el a részleteket. Ráadásul a Mars legtöbbször sokkal távolabb van.

A Föld és a Mars kb. 2 évenként egyszer a Nap azonos oldalán megközelíti egymást: ezek a szembenállások. Csakhogy a Mars pályája erősen elliptikus, ezért a szembenálláskor a Föld-Mars távolság, még mikor legkisebb is, 55 és 100 millió km közt bármi lehet. A második esetben kétszer akkora dolgokat láthatunk csak, mint az elsőben, és a legnagyobb közelség, az ún. nagy oppozíció, csak mintegy 15 évenként fordul elő. Ilyen időnként kellett néhány hét alatt összegyűjteni a látott részleteket. Ráadásul a fényképezés a részletek finomságában nem versenyképes a szemmel: a földi légkör hullámszik, a szem képes elkapni a pillanatnyi nyugalmat, de a fénykép nem.

Első kérdés: van-e légkör és víz? Látszott, hogy valamilyen légkör van, de mennyi és milyen? Elvileg színképelemzéssel meg lehetett volna tudni, de a Marsról visszavert fény átjön a Föld légkörén is, amely otthagyja benne a nitrogén, oxigén és vízgőz vonalait. Azért hát csak annyi volt biztos, hogy a légnyomás 100 Hgmm alatt van. Ez kisebb, mint a legmagasabb földi hegycsúcson, de még valami komoly. Hogy miből áll, az teljesen bizonytalan volt.

Azt tudták, hogy szabad vízfelület nemigen lehet, hiszen az abban tükröződő napfény jól látszana. Ugyanakkor a sarkok táján fehérség látszott, amely nyáron visszahúzódott, télen előrenyomult. Ez jég vagy hó. A két megfigyelést úgy lehetett összeegyeztetni, hogy a Mars rendkívül száraz, ezért a szabad vízfelület elpárolog.

A Mars rendszeres feltérképezése a múlt század második felében kezdődött, a leghíresebb eredményeket az olasz Schiaparelli érte el, 1877-től kezdve. Sötétebb és világosabb foltokat látott, a sötétebbeket „tengereknek” nevezte. A világos területeken látott végigfutni sötétebb vonalakat, és ezeket „csatornáknak” hívta. Schiaparelli megfigyeléseit nehéz lett volna olyan pontosan ellenőrizni, ahogyan az a természettudományokban szokásos, mert a legkisebb részletekhez szemét és emlékezőtehetségét a végsőkig meg kellett feszítenie; de csatornákat más is látott, ha nem is mindig ugyanott.

Mármost mik lehetnek a „tengerek” és „csatornák”? Schiaparelli tényleg víznek hitte őket, de láttuk, hogy azon tükröződne a fény. Talán a „tengerek” vízzel jobban ellátott, és ezért növényvel borított vidékek, a világosak pedig sivatagok. De akkor mik a szabályos futású keskeny „csatornák”?

Itt állt ez ügy, amikor 1892-ben Percival Lowell, egy fiatal (és a jelek szerint pénzzel jól ellátott) amerikai diplomata, fellelkesülve az olvasottakon, kilépett a diplomáciai szolgálatból, és további életét a Mars tanulmányozásának szentelte. Lowell eredetileg nem volt csillagász, de képezte magát, jó szervező volt, és az általa alapított csillagvizsgáló (Lowell Observatórium, Flagstaff, Arizona) ma is jó eredménnyel működik. Alkalmazottai kétségkívül szakcsillagászok voltak, nem „áltudósok”.

Lowell csillagvizsgálója alkalmazottai elé két célt tűzött: megtalálni a Neptunuszon túli bolygót (erről majd később), és térképezni a Marsot, megfigyelni a felszín évszakos változásait. 1905-ben összeállított térképe² hasonló Schiaparelli-éhez, de több csatorna látszik rajta. Eredményeit könyvekben foglalta össze, ismertebbek: Mars and Its Canals (A Mars és csatornája) és Mars as the Abode of Life (A Mars mint az élet lakhelye); ezeket magam sohasem olvastam. De későbbi feldolgozások ismertetik adataikat, újabb megfigyelésekkel kiegészítve. Talán a legutolsó ilyen többé-kevésbé tudományos feldolgozás F. Ziegelé (aki Hargitai könyve³ szerint csillagász, docens, és a moszkvai repülési intézetben dolgozik), 1957-ben (majd emlékezzünk még a dátumra) összefoglalta a „csatornaalapú” álláspontot. Mivel magyarul is megjelent, habár ma már alighanem nehezen hozzáférhető, kövessük őt! (Még egyszer utoljára hangsúlyozom: ez 1957-ben már nem a csillagászat általános véleménye volt, hanem csak néhány csillagászé. De megfigyelésekre alapozott, tudományos vélemény volt. Akkor még ...)

A csatornák egységes hálózatot képeznek, mely beborítja a bolygó egész felületét. Egy sem szakad meg a síkságon. Néhány csatorna kettősnek látszik, de csak az egyenlítői övezetben lévők oszlanak ketté, és azok is csak bizonyos évszakokban. Lowell megfigyelte, hogy egyes csatornák áthaladnak a „tengereken” (a sötét foltokon) is. A csatornák kereszteződésénél zöldes foltokat látott, melyeket „oázisoknak” nevezett el. 186 ilyen oázist látott. Nem látott oázist ott, ahol nem kereszteződtek csatornák. Ősszel az oázisok elhalványodtak, és csak egy kis pont maradt helyükön.

Ennél is fontosabb, hogy a csatornák télen elhalványodtak, nyáron pedig fokozatosan, az olvadó jégsapkától indulva, sötétedtek ismét meg. Mindennek alapján olyan következtetésre jutott, hogy a „tengerek” mélyedések, ahol kevés nedvesség megmaradt a talajban, ezért ott van növényzet és ezt látjuk. A „csatornák” viszont föld alatti vízvezetékek, melyek mentén megél a növényvilág. A csatornákon a sarki olvadó jégből szivattyúzzák a vizet. Az oázisok természetesen városok vagy mezőgazdasági telepek a csatornák mellett.

Ha a megfigyelések pontosak, akkor nehezen lehet a következtetéseket vitatni. A megfigyeléseket viszont vitatták, hiszen a megfigyelhetőség határán látott, és szabad szemmel és rajzzal rögzített dolgokról volt szó, ráadásul valakinek az észleléseit csak 15 év múlva, az újabb nagy oppozíciókor lehetett ellenőrizni. Sokan semmit sem láttak. Antoniadi egy 23 cm-es távcsővel látta a csatornákat, egy *nagyobb*, 83 cm-essel viszont nem. Ezzel szemben Lowellék 1909-ben felfedeztek és feltérképeztek újabb 200 csatornát. Tyihov a pulkovói csillagdában színszűrővel ellenőrizte a csatornák színét, és azt találta, hogy az egyezik a tengerekével. A vitában Lowell úgy érvelt, hogy optikai csalódás nem függhet a marsbeli évszakoktól, és rámutatott, hogy a földi légkör kavargása a nagyobb távcsöveket jobban zavarja, mint a kisebbeket.

1924-ben a Lick-csillagda 91 cm-es távcsőjével is láttak csatornákat, de a Yerkes 102 cm-esével nem. A Lickben Trumplernak néhány csatornát sikerült le is fényképeznie.

Lényeges változás a további években sem történt. Voltak csillagászok, akik láttak csatornákat, voltak, akik nem. Néhány fényképen is látszott valami: nem összefüggő vonal, hanem foltok sorozata, de ez nem cáfolat. Mondottuk, hogy a fényképezőlemez felbontása rosszabb, mint a szemé, továbbá miért kellene a vízvezeték mentén *mindenütt* növényzetnek nőnie. Újdonság annyi volt, hogy 1937-ben, 1951-ben és 1954-ben felvillanó fényes fehér pontokat figyeltek meg, melyek néhány percig látszottak. Mivel az 1951-es észlelő japán volt, kézenfekvő volt számára, hogy atombomba-robbanást láthat.

Nos, ha a csatornák ügyében nem lehet bizonyosságra jutni, fogjunk hozzá máshogy. Az elmélet szerint a „tengerek” növényzete a csatornákéhoz hasonló; a „tengerek” kiterjedt foltok, vitathatatlanul ott vannak, figyeljük hát meg őket. Erre indított rendszeres munkát Tyihov (aki a század elején Pulkovóban már fényképezett csatornákat) Alma-Atában, a Kazah Tudományos Akadémia asztrobotanikai osztályát vezetve. (Egy tudományos akadémia kutatóintézeti osztályvezetője semmiféle módon nem minősíthető áltudósnak.) A következőkre jutottak:

Igaz, hogy a földi növényzet látható fényben zöld, infravörösben erősen visszaver, és mutatja a klorofill elnyelési színeképvonalait, a marsi „tengerek” pedig inkább kékesek, nem jól vernek vissza infravörösben, és nem mutatják a klorofill sávjait. De ez megmagyarázható azzal, hogy az ottani növényzetnek a távolabbi Nap fényéből több hullámhosszat kell hasznosítania. Hasonló (de persze kisebb mértékű) jellegzetességeket talált Tyihov a földi sarkvidékek néhány növényénél. Továbbá Tyihovék kimutatták, hogy a „tengerek” színe évszakonként változik, körvonalaik változnak, és a „tengerek” megmaradnak a porviharok alatt is. Mindez összhangban volt Lowellék eredményével. Tyihov még begyűjtési kampányok létre is következtetett a kékes szín *néhány nap* alatti kihalványodásából.

Idáig lehetett eljutni földi távcsöves megfigyelésekkel. Tyihov botanikai érvelése nem terjedt el széleskörűen a csillagászatban (amiben persze része lehetett annak, hogy a „szputnyik-sokk” előtt a nyugatiak nemigen olvastak oroszul), de pl. Zerinváry ismeretterjesztő, de csillagászati műve⁵ lényegében pozitívan említi. Menjünk akkor megint tovább egy lépéssel: mit mondott a csillagászat a marsi légkörről és időjárásról?

Szó volt róla, hogy a földi légkör nagyon zavaró a marsi fény színeképelemzésében. Ezért sok minden bizonytalan volt, nehéz és ravasz mérésekhez kellett folyamodni. De azért voltak eredmények. A század első negyedének eredményeit jól összefoglalja egy magyar csillagász.⁶ Slipher és Very Lowell csillagvizsgálójában 1908-ban azt találta, hogy a Mars légköre némileg több oxigént és vízgőzt tartalmaz, mint a földi légkör a csillagda *felett*. Ez komoly mennyiség. 1925-ben a Mount Wilson csillagdában arra jutottak, hogy a Mars légkörében a csillagda feletti földi mennyiség 16%-a van oxigénből és 6%-a vízgőzből. Az ilyen légkör extrém sivatagi és az ember alighanem megfulladna benne, de *valamilyen* élet még lehet ott. De később kiderült, hogy még ez is mérési hiba (a földi légkör zavaró hatása). 1933-ban már a földi érték 1%-a alatt jártak oxigénben, és szinte sehol vízgőzben. Ami a légkör sűrűségét illeti, 150 Hgmm volt egy mérési érték.

Az időjárásban kevesebb volt a bizonytalanság. Végére is a bolygó naptávolságát, keringését és tengelyforgását jól ismerjük, nagy távcsőben pedig a bolygó korongjára helyezett parányi elektromos hőmérővel közvetlenül mérhetjük a felszín hőmérsékletét (ha ez nehéz is). Előljáróban csak annyit (amit talán már korábban kellett volna), hogy a Mars 60%-kal messzebb van a Naptól, mint a Föld, 687 nap alatt kerüli meg, egy marsbeli nap 24 óra 37 perc, és a bolygó tengelye 24°-ban dől pályasíkjához (a Földé 23,5°-ra). Évszakok tehát tényleg vannak; a Mars egyik féltekéjén még inkább is, mint nálunk, mert a Mars pálya eléggé elliptikus, tehát az egyik féltekén még a legnagyobb naptávolság télre is eshet. (Nálunk ez a déli félgömb, ott valóban zordabb a tél, a Marson az északi.) A század első felének észlelései

zord, de épp elviselhető időjárást mutattak: az egyenlítőn kora délután 15-20 °C levegő-hőmérsékletet és (csúcspan) 30-35 °C-ot a talajon, de éjszaka -46 °C-ot is.⁵ Antoniadi meg tudta mérni a szél sebességét is: 10 m/s csakúgy, mint a Földön.

És most érkezzünk el 1957-hez! 1956-57 fordulóján újra nagy opposzió volt, az utolsó az űrhajózás megindulása előtt. Az előző ilyen a II. világháborúra esett, amikor nem minden energiát fordítottak a megfigyelésre. Ezért 1956-57-ben vagy 30 év technikai fejlődése ugrásszerű fejlődéssel járt az észlelésekben. Hogyan látták a csillagászok a Marsot 1957-ben?

Kövessük Kulint és Zerinváryt!⁷ A „szárazföldek” sivatagok, Dolfuss mérései szerint limonit (vas-oxid) porral borítva; ezért vörösesek. Szerinte a zöldes tengerek szürkék és csak a vörös foltok mellett *látszanak* zöldesnek; szerinte a szürke is por. A sarki sapkák olvadásakor a hőmérséklet 0 °C körüli, tehát nem szénsavhóból, hanem vízből állnak. A Mars egész víz-mennyisége, ha egyenesen szétoszlaná, a felszínen legfeljebb 0,08 milliméter vastag vízártyát képezne (a Földnél ez 2900 méter). A légnyomásra forrásunk megismétli a 150 Hgmm értékét (ez a földi ötöde), de a légkör összetétele 98,5% nitrogén, 1,2% argon és 0,25% szén-dioxid. A Mars-korong *átlagos* hőmérséklete kb. -43°C vagy ennél valamivel több. Forrásunk változatlanul ismétli az egyenlítői hőmérsékletekre vonatkozó régebbi adatokat, tehát azokat a mérések nem cáfolták meg.

Csatornákat lefényképeztek, de különálló foltokból álltak. És végül: Dolfuss kikeverte a „tengerek” visszavert fényét úgy, hogy limonit porra (láttuk, szerinte ez fedi a „szárazföldeket”) zuzmót és apró gombákat szórt.

Összefoglalóan: a „tudomány 1957-es állása” szerint a „csatornák” mesterséges eredete bizonyítást nem nyert, de létezésük (mint környezetüknél zöldebb foltok sorozata) igen, ha nem is feltétlenül a Lowellék által látott rendszerben. Az időjárás nagyon zord, de az egyenlítőn hasonló a szibériaihoz. A légkör ritka, és oxigént említésre méltó mértékben nem tartalmaz. De: ha a 150 Hgmm „sűrűség” igaz, akkor ugyanakkora mennyiségű marslégkörben *több* széndioxid van, mint a földiben! Növényi életnek tehát csak a vízhiány az akadálya, és ahová a sarki jég olvadáka eljut, ott lehetnek növények. Mivel pedig a „tengerek” színét elő lehetett zuzmókkal állítani, aki marsi növényekről töprengett, összhangban volt a tudományos ismeretekkel. Mármost a *földi* viszonyok közt mozgékony élőlények csak oxigént lélegzők vannak, de hogy ez mennyire szabály a Világegyetemben...? Nem lehetett hát kizárni csatorna-építő értelmes lényeket sem, csak akkor ezeknek alapján kellett különbözniük a földi állatvilágtól. Kulin és Zerinváry 1958-ban még határozottan lehetségesnek tartja a Marson az alacsonyrendű növényi életet, úgy, hogy az a korábbi, kellemesebb körülmények közt kifejlődött élet túlélője. Voltak adatok arra, hogy bizonyos földi élőlények kibírják a marsi légkört marsi hőmérsékleten. A találgatásokban legnépszerűbbek a zuzmók voltak. Ezek mohák és gombák együttélő telepei: a mohák mint növények, szén-dioxiddal táplálkoznak, és táplálják a gombákat, a gombák meg a mohákat; az egész együttműködés jól bírja a hideget, vízhiányt és táplálékhiányt. A zuzmók tényleg elviselnék az 1957-es ismereteink szerinti marsi viszonyokat. Persze a zuzmókat kialakító mohák és gombák nem. Innen az ötlet, hogy ha korábban szelídebbek voltak a viszonyok, a zuzmók kialakulhattak és fennmaradhattak.

1957. október 4-én a Szovjetunióból fellőtték a Szputnyik-1 mesterséges holdat. Megkezdődött az űrhajózás, és megnyílt az út a légkör feletti csillagászkodásra. (A Szputnyik-1-en még nem volt távcső, de ha sikerült pályára állítani egy 83 kg-os testet, lehetett tudni, hogy sokat már nem kell várni.) 1965. július 14-én 10000 km-re a Mars felett száguldott el a Mariner-4 amerikai űrszonda, és méréseket végzett. Küldött 22 tv-képet is. Lowellék kikövetkeztetett világa eltűnt szemünk elől. A talaj *minden* képen szürkésbarna volt, kráterek látszottak. Növényzetnek semmi nyoma. És a felszíni légnyomás a földinek 1%-a. A kisebb marsi gravitáció miatt ez ugyan nem azt jelenti, hogy *ennyivel* ritkább a légkör, de a sűrűség mindenképp csak néhány százaléka a földinek. A szonda halott és steril szupersivatag felett repült el.

Az öreg bolygó

Mindenki tévedett? Nem. A fizikai adatokban a szonda nem hozott túl sok meglepetést. A 150 Hgmm légnyomás régi csillagászati adat volt a légkör fényelnyeléséből és effélékből számítva. Más mérések adtak ennél kisebb értékeket is, a földinek tizede és hatvanada között, az idő múlásával csökkenő tendenciával. A sűrű földi légkör aljáról nehéz egy 55 millió km-re lévő légkört meglátni, és minden hiba a földi légkört keveri bele, tehát felfelé visz. Ugyanez volt a víz mennyiségével: voltak akkor már földi mérések, melyek szerint az összes víz csak 40 µm vastag, tehát hajszálvékony réteget adna. (Ez nagyjából tényleg egy hajszál vastagsága.) A légkör összetételében nem sok változást hozott a Mariner-4. De hol voltak a „csatornák”? És hol a „tengerek”, a zöldesebb” foltok, melyek létezéséről soha senki sem vitatkozott korábban? (Jó. Meglehet, hogy nem zöldet láttak, hanem kéket vagy szürkét, és csak a vörös mellett érezték zöldnek. De más színűek voltak, mint a bolygó nagy része.) Nos, a szonda által közvetített képek a bolygó talán 1%-át fedték le, ami nem feltétlenül jellemzi az egészet. A Mariner-6 és -7 valamivel nagyobb területről tudósított, de ez sem volt elég. Ezért 1971-ben 4 szonda indult a Mars felé, 2 szovjet és 2 amerikai. A szovjet terv a leszállás volt, az amerikai a Mars körüli keringés. Ezzel a Mars kutatásában elértük a jelenkort: az akkor szerzett tudás ma is érvényes. Az azóta szerzett adatokat 4 mű alapján ismertetjük, melyek magyarul hozzáférhetőek, és csillagászok munkái. [8-11](#)

A Mars-2 fékezés nélkül becsapódott. A Mars-3 leszállás után közvetített, de 20 másodperc múlva elhallgatott. (Aki akarta, hihette, hogy a marslakók kikapcsolták.) A Mariner-8 belezuhant az Atlanti-óceánba. De a Mariner-9 elérte a Marsot, pályára állt, és 7000 képet közvetített. Amit látott, az kevésbé sivár volt, mint a Mariner-4 képei, de sivárabb, mint a földi távcsövekkel kapott kép. Nem nagyon látott „tengereket”, és egyáltalán nem látott növényzettel fedett részeket. Az újabb megfigyelésekből nehéz megmondani, mik volnának a Földről feltérképezett „tengerek”; bizonyos helyeken ugyan látszanak valamilyen sötétebb foltok, és ezeket a por helyileg különböző lerakódásával próbálják magyarázni. A Mars teljes térképét újrarajzolták, habár *az elnevezésekből* sokat átvettek Schiaparellitól és Lowelltől. De ami a lényeg: „tengerek” nincsenek. Sem vizes, sem növényzettel fedett felületek nem láthatóak. Közelebb menve eltűntek szemünk elől a csatornák, sőt a tengerek is!

E ponton az olvasó vár egy választ, amit itt nem kap meg. Ha ezért dühös, igaza van. Én is az volnék a helyében, és magam sem vagyok megelégedett. A mérges kérdés valahogy így hangzik: „De hiszen a tengereket majd egy évszázadig *látták* a Földről, és vita nélkül fel is térképezték! Zöldebbek is voltak. Micsoda dolog, hogy most úgy csinál a szerző, mintha e megfigyelésekről meg lehetne feledkezni! Tessék nekünk megmondani, mit láttak a régiek!” Nos, az olvasónak, mint mondtam, tudományosan igaza van, ha ezt kéri megválaszolni. A „tengereket” tényleg mindenki látta. A *Syrtis Maior* már Huygens 1659-es távcsöves észlelé-

seinek rajzán ott van, és e sötét folt körbejárásából határozta meg helyesen a Mars tengelyforgási idejét. A természettudomány nem úgy dolgozik, hogy a korábbi elfogadott eredményeket félreteszi és új igazságokat fogad el: az új elméletnek *többet* kell tudnia, mint az előzőnek. Meg kell magyaráznia az összes régi tapasztalatot, meg még az újakat is. Nos, akkor lássuk, hogyan egyeztetjük össze a régi és új tapasztalatokat egy elméletben!

Itt most nem látjuk meg. Több okból. Először is, e könyv nem areográfiai monográfia; nem tudnók részletesen kifejteni az elméleteket. Másodsor: ami a válaszból tárgyunkhoz tartozik, arra visszatérünk a könyv végén. Harmadsor: a kutatás még folyik. Majd ha lesz teljes kidolgozott elmélet, az olvasó megkapja a teljes választ, de ehhez idő kell. (Mivel a szerző fizikus és nem csillagász, az is lehet, hogy a teljes válasz valahol már létezik, csak ő még nem hallott róla, habár ez azért nem valószínű.) Amire tehát meg tudom adni a választ, arra megadom a könyv végén; amire nem, arra majd megadja más.

Azért ne nagyon aggódjunk. Nem tűnt el a *Syrtis Maior*. Ma már vannak standard Mars-térképek, magam pl. egy budapesti térképboltban vettem egyet;¹² ott volt Európa autótérképe mellett. Ezen a Syrtis Maior rajta van, mint planitia, azaz (környezeténél mélyebb) síkság; láthatóan sötétebb is környezeténél. A keleti féltekén van, az egyenlítő és az északi szélesség 20°-a, illetve a hosszúság 280°-a és 300°-a közt. Nem azért sötétebb, mert mélyebben van: a mellette lévő *Isidis Planitia* világosabb.

No, most vissza a tények biztos talajára. Milyen a Mars? Öreg, nagyon öreg. Persze annyi idős, mint a Föld. De megöregedett, amíg a Föld érett korában maradt. Hogy miért, azt már tudjuk is: nagyjából azért, ahogyan a régiek is gondolták, azért mert kisebb. Ezt mindjárt részletezzük is. De előbb a felszín. Sok a kráter. Nem annyi, mint a Holdon: vannak szép nagy krátermentes helyek is. Nem csoda: van légkör, a levegő és por a régi krátereket lekoptathatta, a por betemette. És láva is folyhatott rájuk. A marsbeli síkságokat bazaltláva fedi, és hatalmas tűzhányói vannak, melyekről mindjárt szó esik. A kis kráterek hiányából arra következtetnek, hogy a Marsnak volt egy areológiai korszaka, mikor az erózió ezeket elkoptatta, és ez *talán* 2 milliárd éve lehetett. Talán akkor még sűrűbb volt a légkör és több a víz?

Földünkön a kontinensek vándorolnak. Ez azért van, mert a Föld szilárd kérge nem egységes, hanem darabokból áll és e darabok mozognak egymáshoz képest.¹³ Ennek során a kőzetek egy része mindig megolvadva lemegy a köpenybe, máshol meg új anyag jön fel, a tengeralatti hátságokban. (Erről már volt szó a II. részben.) Ez a Föld felszínét folyamatosan megújítja. Még a vizet és a légkört is pótolni tudja. Környezetünk nem öregszik el, egészen addig, míg a Föld annyira ki nem hűl, hogy kérge egyetlen töretlen héjjá forr össze. *Akkor* azután majd baj lesz.

De addig még évmilliárdok vannak hátra. Ugyanis a Föld belső hőjének forrása nem az ősi megőrzött meleg (arról Lord Kelvin már kimutatta, hogy csak 40 millió évre elég), hanem a Föld anyagában lévő radioaktív elemek bomlása.

Persze ezek fogynak, de az urán-238 felezési ideje 4,5 milliárd év. Ilyen lassan hűl a Föld, és így vastagszik kérge.

A Mars kisebb, ugyanakkora felületdarab alatt kevesebb radioaktív anyag van benne. Ezért „fagyott” kérge vastagabb, és ma már valószínűleg egyetlen darabból áll. Az egyetlen hely, ahol még talán van egy kéreghasadás, a *Valles Marineris* (az egyenlítőtől kissé délre a 30° és 110° hosszúságok közt), amelyet a Vörös-tengerhez szoktak hasonlítani, de lehet, hogy ez is befagyott már. Hatalmas vulkánok vannak, legnagyobb az *Olympus Mons* (18° É. sz., 133° h.), a Naprendszer legnagyobb ismert hegye: kb. 27 km(!) magas, és alapja 500 km átmérőjű, de nincs túl messze tőle a *Tharsis Montes* 3 nagy tűzhányója sem: az *Ascraeus*, *Pavonis* és *Arsia*. Az Olympus Mons havas csúcsát a Földről is lehet távcsővel látni: fenségességében és távoli-

ságában ez az igazi, méltó lakhelye az olymposzi isteneknek a Naprendszerben. Lehet, hogy e hatalmas tűzhányók kitöréseit látták 1937-ben, 1951-ben és 1954-ben?

Nem túl valószínű. Szakértők szerint az Olympus Mons 2,5 milliárd éves; alighanem akkoriban működött. (Emlékezzünk: 2 milliárd évesnek sejtik a Mars mozgalmas korszakát.) *Akkor* még több volt a radioaktív elem, melegebb volt a Mars belül, bizonyára nem volt egységes, vastag, halott kéreg. Éppen azért olyan hatalmas az Olympus Mons, mert a kéreg vastag, és nem mozog. A felszálló melegáramlás mindig a hegy alatt marad, és évmilliárdok alatt nagyra növelte a tűzhányót, a vastag merev kéreg meg is tartja. A Földön ekkora hegy nem maradhatna fenn, besüllyedne a kéregbe. E tűzhányók épp azért lehetnek ilyen hatalmasak, mert a Mars mint bolygó, haldoklik. De nem biztos, hogy már meg is halt: a fényképeken látni fiatalabb tűzhányókat is, ezek talán még működnek.

És az élet?

Mint *bolygó*, a Mars haldoklik. Akkor felületén is haldoklik az élet, már ha egyáltalán van. De a bolygó haldoklása még évmilliárdokig folyhat; ettől ma még egészen virulens életet találhatnánk. A Mariner-9 nem látott zöld vagy kék növényzetet, de ettől még valamilyen élet lehet.

Víz van a Marson. A légkör vízpárája csak hajszálnyi hártyát adhatna, de sikerült felmérni a sarki jég mennyiségét, és a képekből úgy látszik, lehet jég a talajba fagyva. És a felvételeken a csatornák helyett láthatunk valami mást: kiszáradt folyómedreket. Néhány ilyen világosan látszik a Mariner-9 képein: van pl. egy hatalmas, 40 km széles, 4,5 km mély meder. Ezeket csak víz moshatta ki: pl. a láva sokkal ragadósabb, lomhábban folyik, nem hozhat létre kanyargós valódi folyómedreket. Három magyarázat született.

Lehet, hogy a talaj mélyében rejlő fagyott örök jég egy-egy nagy tömbje hirtelen megolvad, mikor a bolygó belsejében felszálló melegáramlás irányt változtatva alája kerül. (Az Olympus Mons példája ugyan azt mutatja, hogy az áramlás sokáig ugyanott éri a kérget, de azért néha lehetnek mozgások.) Ekkor hirtelen szökőárként tör elő a víz, mindent el- és kimosva.

Lehet, hogy a folyók 2 milliárd éve, a melegebb múltban folytak. Valóban, a szakértők a folyóvölgyeket régieknek becsülik: van, amelyiket 4 milliárd évesnek, van, amelyiket 500 millió évesnek. Lehet, hogy a folyóvölgyek az élő Mars tanúi, de ma már nem keletkeznek újak, és sohasem többé.

Lehet, hogy még izgalmasabb a helyzet, és lesz még a Mars kellemesebb hely. Hogy ezt megértsük, beszélünk kell az üvegházhatásról. Egy üvegházban télen akkor is melegebb van, ha nem fűtjük. A Nap fénye leginkább a látható fény hullámhosszain jön, amelyeken az üveg eléggé átlátszó. Ez azért van így, mert a Nap kb. 6000 K fokos. De a felmelegített földi táj kb. 300 K fokon sugároz, az infravörösben. Ebből az üveg eléggé sokat elnyel. A meleg tehát könnyebben jut be, mint ki. Ugyanez történik az egész Földdel is. Légköre nélkül (a Naptól mért távolságból számítva) vagy 25 fokkal hidegebb lenne rajta, fagyott óceánokkal. Az élet azért lehetséges, mert a légkör vízgőzt és szén-dioxidot tartalmaz: ezek az infravörös fény egy részét elnyelik és itt tartják.

A Mars légköre ritka, és ráadásul vízgőzt alig tartalmaz, ezért az üvegházhatás rajta csak kevésbé működhet. De ha valaki csak egyszer jól felmelegítené, mindjárt más lenne a helyzet. Vízpára jutna a levegőbe, ráadásul a sarkvidéken bizonyára ott lévő fagyott szén-dioxid is elpárologna. A légkör sűrűbbé válna, és a többlet épp a jó hőtartó két gáz lenne. Ha elég van belőlük, annyi hőt tarthatnának bent, hogy azután már ki sem fagynának!

Persze nem tudjuk, elég-e ehhez a jég és szárazjég a Marson. Majd megtudjuk. De mi melegítené fel akár egyszer is a Marsot? Nos, ilyen hatás van. A Földön is látjuk, kisebb mértékben, és ez okozza az eljegesedések periodikus visszatérését és megszűntét. A Föld pályája és tengelyhajlása a többi bolygó zavaró hatása alatt, kismértékben, de folyton változik: időnként hűvös nyarak jönnek langyos telekkel, időnként forró nyarak hideg telekkel. Az első esetben a sarki jég folyton hízik, mert a hűvös nyáron nem olvad el. E jég azután visszaveri a napfényt: a Föld hűl. De amikor a forgástengely ferdebb lesz, a sarki táj nyáron magasabbról kapja a Napot, egy részen elolvad a jég és melegszik a Föld. És így megy ez, tízezer éves ciklusokban.

A Mars közelebb van a hatalmas Jupiterhez, és ezért pályája és forgástengelye nagyobbakat ingadozik. *Lehet*, hogy amikor tengelye ferdebbé válik, és a sarki nyáron magasán áll a kis Nap, elpárolog a szén-dioxid, megjelenik az üvegház, tovább melegszik a felszín, megjelenik a vízpára is, és beköszönt a Mars melegebb és nedvesebb korszaka. *Nekünk* még akkor is sivatag volna, valami olyan, mint az Antarktisz jégmentes oázisai,¹⁴ de az azért már nagy különbség volna.

Ez persze, ha megtörténik is valaha, évtízezredek múlva történik csak meg. De most nem ez az érdekes, hanem az, hogy megtörténhetett évtízezredekkel ezelőtt is. *Lehet*, hogy 20000 éve az életnek kedvező viszonyok *voltak*.

De ez az élet történetében kis idő! 20000 éve már a mai ember élt a Földön. Ha 20000 éve jó volt az időjárás, az élet tényleg kitarthatott mostanáig!

Hogy vannak-e a Marsnak ilyen ciklusai, azt majd az odautazó régészek eldöntik. De hogy ma van-e lappangó élet, azt már ma is eldönthetjük. Meg is próbálták, a NASA Viking szondáival, a 70-es évek közepén.

A Vikingek leszálltak a Marson, mintákat vettek a légkörből és talajból, fizikailag, kémiailag és biológiailag megvizsgálták őket. Persze, nem csak ezt tették. Fényképezték a környezetet, időjárás-jelentéseket adtak, és így tovább. Beszéljünk először az utóbbiakról!

A két szonda 1976 második felében szállt le, szép simán, baj nélkül. Mindkettőt az északi féltekére irányították, az elsőt a 23. szélességi fokra, a másodikat a 48.-ra. Az egyenlítő melegebb lett volna, de szárazabb is; ez látszott a legígéretesebbnek. A két leszállási pont közt majdnem 180 hosszúsági fok volt, tehát ha egyik hely kivételes is, mindkettő már aligha.

Lássuk először az időjárást! A szél általában enyhe volt. A hőmérséklet fagyos, a Viking-2 mérte a leghidegebbet persze egy téli hajnalon), -113 °C-ot, a Viking-1 a legmelegebbet (nyári délután). -32 °-ot. Ez kemény hideg, de önmagában nem ismeretlen: ilyen lehet az Antarktisz belsejében az idő. De ott van legalább jég és oxigén; itt egyik sem volt. Illetve 1977 szeptemberében megjött a marsi tél az északi féltekén. És akkor a Viking-2 egyszer csak dérfoltokat kezdett mutatni. Megjött a csapadék!

A dolog kicsit rejtélyes volt, mert a hőmérséklet vízdérhez túl alacsony volt, szénsavdérhez túl magas. Valószínűleg a két anyag valamilyen kombinációja volt. De az is valami. Ha vannak élőlények, *valamennyi* nedvességhez juthatnak. A légnyomás elég nagyokat változik: a Viking-1 mért 10%-os különbségeket is, úgy gondolják, hogy egész év alatt ez 30% is lehet, jelezve, hogy télen elég sok kifagy, nyáron elég sok elpárolog. (Biztató a hideg-meleg ciklus szempontjából.) Az átlag a földi légnyomás 150-edé volt(!); ez még a kisebb gravitáció mellett is nagyon ritka légkör. Ha volna az Antarktisz belsejében egy 30 km magas hegy, talán annak tetején lenne ilyen az éghajlat. De láthatóan a régi csillagászok egészen jól mérték a hőmérsékletet.

Nos, ez mind nagyon szép. A körülmények nagyon kegyetlenek, de el tudunk képzelni élőlényeket, melyek ott kitartanak, ha máshogyan nem, beszáradva a meleg időszakok közt, mint egyes földi egysejtűek és spórák. Nekiállhat a Viking keresni őket a talajmintákban. De hogyan veszi észre, ha ott vannak? Hiszen teljesen idegen élő szervezetek lehetnek.

Nos, a tudósok döntő többsége megegyezett abban, hogy bármilyenek is az ottani élőlények, főként szénből, hidrogénből, oxigénből és nitrogénből állnak. Ezek a Világegyetem leggyakoribb atomjai (kivéve a kémiaileg érdektelen nemesgáz héliumot), és jelen is vannak a bolygón. Az élőlények bonyolult molekuláikhoz kell szén; egyesek el tudnak képzelni szilícium alapú életet is, de olyant még senki sem látott, és a megfelelő szilíciumos molekulák nem szeretik a vizet, ami azért mégiscsak akad a Marson. Ténylegesen még egy igen halvány jele is volt annak, mintha valamilyen szenes anyagcsere folyna a bolygón.

Mikor a Vikingek elindultak, már jól ismerték a légkör összetételét. Több mint 90% széndioxid, 1-2% nitrogén (tehát pont fordítva, mint 1957-ben a Földről távcsővel mérték) és 1-2% argon. Vízgőz, oxigén és szén-monoxid nyomokban. Mármost felejtkezzünk el minden másról, és nézzük a szén-dioxidot, a szén-monoxidot és az oxigént. Ez három molekula kétféle atomból, tehát egymásba tudnak alakulni: $2 \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$.

A dupla nyíl azt jelzi, hogy az átalakulás mindkét irányba folyhat. Induljunk el tiszta CO_2 -dal egy lezárt tartályban! Az ütközések miatt néhány (nagyon kevés) molekula szétesik a jobbra mutató nyíl szerint. Ha már van CO és O_2 , ezek is összeállhatnak. A folyamat mindkét felé megy addig, amíg két irányba egyforma gyorsá nem válik, és attól kezdve már nem változnak a százalékos arányok. Hogy ez mikor következik be, azt a hőmérséklet és légnyomás ismeretében a vegyészek ki tudják számítani. Csakhogy ehhez képest túl sok a Marson az oxigén, vagy úgy is mondhatjuk, hogy túl kevés a szén-monoxid. Valami vagy oxigént termel a széndioxidból, vagy elnyeli a szén-monoxidot, és ezt állandóan teszi. (Félreértés ne essék, O_2 és CO csak *nyomokban* van, de ilyen kis mennyiségeket nézve több az O_2 , mint a CO .) Mintha valami ennél a CO -ot, de akkor az bizony élőlény lehet.

Most egy pillanatra megállunk. Az olvasó türelmetlenkedhet, és mondhatja, hogy őt nem érdekli a kémia. Mondjam meg, mit találtak a Vikingek 12 éve. Van élet, vagy nincs? Kérem az ilyen türelmetlen olvasót, várjon. Nem tehetek mást.

A Vikingeket úgy építették, hogy az élet keresésére el tudjanak végezni egy kémiai és három biológiai mérést. A kémiai egyszerű ügy: egy bonyolult műszer szerves molekulákat keresett a talajmintákban. Persze, ha talál is, az még nem élet: szerves anyagokat már meteoritokban is találtak, azok meg feltehetően többen hullanak a Marsra, mint a Földre. De szerves molekulák léte legalábbis kell az élethez.

A biológiai mérések bonyolultabbak voltak. Az elsónél a talajmintát betette a szonda egy kamrába, ahol a marsit utánzó légkör volt, de radioaktív CO_2 -vel. (A szén radioaktív izotópja volt a molekulában.) Egy ideig ott tartotta, azután kihajtotta a „levegőt”, a homokot meg jól felhevítette. Ha voltak benne élőlények, beépítették magukba a radioaktív szenet, a hevítés elpusztította őket, kiszabadult a szén, és azt egy sugármérő jelezheti. A második mérésben ugyanez történt, csak a homok még biológiailag hasznos tápoldatot is kapott. A harmadik esetben a tápoldatban volt a radioaktív szén: ha a homokban élőlények vannak, esetleg lélegeznek, és a levegőbe eresztik a radioaktív szenet. Mindhárom mérést elvégezte a szonda úgy is, hogy előbb jól felhevítette a homokot: ha voltak is benne élőlények, azok elpusztulnak, és akkor már semmi nem történik.

A tervezés alapos volt, hiszen az élettelen épp azért élettelen, mert nem lélegzik. Ha a Földön találtak volna teljesen steril homokot, illetve ha földi homokot valahogyan teljesen sterilizálnak, az ugyan nem építi magába a levegő atomjait. (Illetve lassan, kémiai reakciókkal megtörténhet ez, mint ahogyan a vas rozsdásodik. De az nagyon lassan megy.) Ha valami *anyagcserét* folytat, akkor eleven.

Nos, lássuk végre a kísérleteket! A műszer *semmiféle* szerves molekulát sem talált. Szomorúak vagyunk: eszerint a Mars élettelen, és kész. Csakhogy annyit sem találtak, amennyi *élet nélkül* létrejöhetett volna. Annyit sem, amennyit a 4 milliárd éve a Marsra hulló meteoritokból várának! Talán a Nap ibolyántúli sugárzása elbontotta őket. De mélyen a talajban is?

Nem értjük, menjünk tovább. Az első biológiai kísérletben egy kevés szén beépült a levegőből a homokba. Remek; valami lélegzett ott. Ha a homokot 175 °C-ra előbb felhevítették, semmi sem történt. Még remekebb: a hő előlte az élőlényeket, azért nem lélegzett a homok. Készen volnánk.

Nem. Ha csak 90 °C-ra melegítették a homokot, megint csak lélegzett a homok, pedig még a földi baktériumok is elpusztultak volna, hát még a marsiak, amelyek 0 °C alatti időjárást szoktak meg. Talán mégiscsak valami kémiai folyamat történt. Lássuk, mi történik, ha tápoldatot is adunk. Semmi változás az előzőhöz képest. Mégsem élőlények?

És jött a harmadik kísérlet. Amint tápot adtak a homokhoz, megindult a CO₂ és O₂ kifelé. Anyagcsere! 160 fokra felmelegítve előbb a homokot, nem volt „kilégzés”, 50 fokos melegítés után volt, de gyengébb.

De ha ezek élőlények, hol voltak a szerves anyag keresések? És miért nem törődtek a tápoldattal? Inkább azt gondolják, valami aktív vegyület volt a homokban, pl. hidrogén-peroxid, és az fejlesztett oxigént és reagált a tápanyagokkal.

Ki tudja? Innen ezt már nehéz eldönteni; oda kell menni. E témát azzal zárhatjuk: a marsi homok holtabb, mint egy földi élőlény, de elevenebb, mint a földi homok. A Mars nem steril.

Becsaptak minket?

Mondottuk, hogy ami magyarázatot még egyáltalán adni tudunk, az a könyv végén jön. De hogy továbbmehessünk, említessék itt meg néhány „magyarázat”, mely nem tudományos, hanem a tudományos-fantasztikus irodalomból ered. A teljesség igénye nélkül két csoportra oszthatóak: valaki becsap minket, illetve több Mars van.

Lássuk még egyszer a fő problémát! Csillagászok nemzedékei figyelték meg a Marsot a Földről, jó távcsövekkel, a szakma szabályai szerint. Láttak egy Marsot, amelyen a vörös sivatagok mellett kékeszöld „tengerek” és „csatornák” látszottak, ritka, de említésre méltó légkör sok nitrogénnal és kevés szén-dioxiddal, és a vetett árnyék alapján nem látszottak magas hegyek. Mikor odaküldtük szondáinkat, megláttunk egy Marsot, melyek nincsenek kékeszöld foltok és vonalak, a légkör sokkal ritkább, főleg széndioxidból és csak kevés nitrogénből, és a földieknél háromszor magasabb hegyek vannak. Mintha nem is ugyanazon Mars lenne! Ami azonos, az csak a bolygó mérete és tömege.

Tegyük még hozzá, hogy az 1956-os nagy oppozíciókor a megfigyeléseket nagyon zavarták porviharok, mikor pedig a Mariner-9 odaért, hetekig megint olyan porvihar dúlt, amely a bolygó teljes felületét eltakarta. Ezért sok regényíró felveti, hogy a marslakók álcázzák magukat. Egy ilyen, ötletesen és részletesen kidolgozott novella Dozois, Dann és Swanick műve.¹⁵ A fantasztikus novellák nem tartoznak a természettudomány illetőségébe, de azért még megvizsgálhatjuk ezt is.

A természettudomány alapgondolatainak egyike az, hogy természetnek vannak törvényei, és azok objektívek. Meglehet, hogy nem ismerjük őket pontosan; az is meglehet, hogy a törvények időben változnak, de akkor e változásnak megvannak a törvényei. Einstein egyszer így fogalmazta meg: „Az Úristen agyafűrt, de nem rosszindulatú!”. Ha azt tesszük fel, hogy valaki vagy valami nálunk sokkal bonyolultabb és kiismerhetetlen egyszerűen rendszeresen a bolondját járhatja velünk, akkor úgyszólván mindig be leszünk csapva, és akkor semmiféle tudományban sem bízhatunk. E gondolat annyira defetista és haszontalan, hogy nem érdemes vele foglalkozni sem.

De mi van, ha nem az egész Természet csap be minket, hanem csak nálunk okosabb, de ésszel felmérhető marslakók? Tegyük fel, hogy nincsenek felkészülve a velünk való találkozásra, félnek vadságunktól, és ezért álcázzák magukat. Talán tömeghipnózt használnak, talán álcázóhálókat tettek fel a porviharok leple alatt,¹⁶ talán ők sterilizálták a Mars talaját, eltüntetve a várt szerves anyagot, és ők zavarják meg a Vikingek biológiai kísérleteit.

Ez nem túl valószínű. Hipnózis létezik, de nehéz lenne minket a Marinerek kameráin át 55 millió kilométerről hipnotizálni. Álcázni lehet mondjuk vetített képekkel, de a Vikingek szálltak, és ott állnak a talajon. És ha valaki hozzájuk nyúlt volna, valamelyik műszerük jelezte volna. Marad a második ötlet, hogy Schiaparelli és Lowell Marsa nem azonos a Marinerek és Vikingek Marsával. Lehet, hogy a szondák valahogyan mellétaláltak *a megcélzott* Marsnak, de ott is van egy Mars? Vagy, ahogyan Flint Roy kiagyalta¹, azért, hogy legalább könyvében összeegyeztethesse Burroughs Marsát a tapasztalattal, lehet, hogy egyenesen és kerülőúton más-más Marsra jutunk? Lehet, hogy sok különböző Mars van *valahol* „egymás mellett”? Lehet, hogy *mindenből* sok példány van, és mikor időutazással megváltoztatjuk múltunkat, és így jelenünket is, nem „mai” jelenünket változtatjuk meg, hanem egy párhuzamos sorsvonalát?

Csupa fantasztikus ötlet. De a következő részben látjuk majd, hogy az ötlet a modern fizika nyelvén megfogalmazható, megvizsgálható és ellenőrizhető. Ellenőrzés után majd vagy elfogadjuk, vagy elvethetjük.

IV. Téridő nagyban és kicsiben

Valamikor századunk folyamán megtelt a Föld. Nem úgy, hogy ne férnénk el többen rajta, de úgy, hogy eltűnt az, amit az amerikaiak „határvidéknek” neveznek. A szárazföld minden része tartozik valamelyik államhoz (kivéve néhány területet az Antarktison), egyesekre többen is igényt tartanak. Eme államok elvben mind egyenrangúak, és ott ülnek egymás mellett az Egyesült Nemzetek Szervezetében (megint csak néhány kivétellel, hiszen pl. Svájc nem hajlandó belépni). Nincs hely az olyan emberek számára, akiknek sok hasznos tulajdonságuk volna, csak éppen nem képesek együtt élni embertársaikkal. 30000 éve az ilyenek faképnél hagyták a Közel-Keleten kóborló Homo sapiens hordákat, benyomultak Európába, és háttérbe szorították (elűzték? megették?) a jég hátán is megélő nagy agyú, de laposhomlokú neandervölgyieket. Nagy Sándor idején évtizedekig masíroztak a mesés Keleten és sokszorosára terjesztették az akkori legfejlettebb civilizáció (a görög) területét. Kolumbusz után Nyugatra özönlöttek, és ahelyett, hogy otthon honfitársaik torkát vagdalták volna el, átplántálták az európai civilizációt Amerikába. A múlt század második felében sok vadnyugati városkában választottak tapasztalt gyilkosokat seriffé, hiszen az ilyen le tudja lőni a többi gyilkost, miközben megvan a szórakozása és még erkölcsi magaslaton is érezheti magát. (A jelenséget irodalmi szinten nemcsak vadnyugati regényekben írták le, hanem Sienkiewicz is, aki a szintén eléggé mozgalmas lengyel múltból veszi példáját. Hőse, a hírhedt garázda, de polgárháborús időben épp megbecsült parancsnok, élvezettel szemléli a tatárjai felgyújtotta városok tüzeit, miközben balul járt békeidőbeli cimboráira emlékszik:¹ „Ők azonban - netán Rekuć kivételével - mindnyájan a pokolban sisteregnek, pedig most élhetnék világukat, vérben fürödhetnek, lelküket ezért bűnnel nem terhelve, sőt a Köztársaságnak is jó szolgálatot tennének! ...”) Az egész folyamat persze vérrel és szenvedéssel járt, amiről később hajlamosak vagyunk elfelejtkezni, mivelhogy a győzteseknek mindig több idejük és módjuk volt történelemtudományt művelni, mind a veszteseknek. De nem az számít, hogyan minősítjük az egészet: tény az, hogy akiben a tetterő és alkalmazkodásképtelenség (bizonyos fokig együtt járó) tulajdonságai szélsőséges mértékben voltak meg, többnyire elhúzódott a civilizált központokból. Ma már ezt nem teheti, ami odahaza mindenképpen feszültségeket okoz.

Ezek után talán már nem meglepő, hogy századunk első évtizedében az emberek elkezdtek a Földön túlra tekinteni. Néhányan álmodozás helyett a rakétatechnika tökéletesítését javasolták, és sikerült is meggyőzniük másokat, hogy a Föld elhagyása lehetséges. Három nevet muszáj itt megemlítenünk: a szovjet-orosz K. E. Ciolkovszkijét, az amerikai R. H. Goddardét és a nagyszebeni Oberth Hermannét. Nekik lett igazuk: láthattuk ezt a televízión át, mikor 20 éve, 1969-ben, Armstrong rálépett a Hold felszínére. Ha az űrkutatás azóta is változatlan ütemben kapná a pénzt, mára már alighanem ember is megjárta volna a Marsot; ez mindenképpen belátható távolságra van tőlünk, és néhány évtized múlva rendszeres járatok hálózják be a Naprendszer közelebbi tájait. Emberi települések lesznek idegen égitesten: 100-200 év múlva alighanem mindegyiken, ahol legalább szilárd kéreg és némi gravitáció van, és nincs borzalmas meleg vagy hideg. E helyek a Mars, és a nagyobb holdak. Hogy miért lesznek ilyen települések, és miből élnek majd meg, azt én most nem tudom; már ma is hallunk arról, hogy bizonyos iparokat légüres térben vagy kis gravitáción volna érdemes üzni, és az is kizárt, hogy ne legyen *valaminek* a Földön kívüli bányászata kifizetődő később, mikor az űrhajózás olcsóbbodik, a földi bányák meg merülnek ki.

Az új településeken persze majd légszigetelt házakban vagy kupolák alatt kell élni, vegyileg gyártani az oxigént, és csak védőruhában lehet kimenni. De, bármennyire furcsán hangozhat is, ez csak *fokozati* különbség a Föld legtöbb lakóhelyéhez képest. Épített ház, ruha és élelemtermelés nélkül hosszabb ideig igen kevés helyen maradnánk életben: talán még leginkább a

brazil őserdőben, Közép-Afrikában és a Csendes-óceán néhány szigetén. Európában biztosan nem. Ha meglesz az űrhajózási technika (már majdnem megvan), a gazdasági vonzerő és a kalandvágyó ember (az mindig van), akkor a bátor, erős, de önfejtű emberek kiáramlanak a Naprendszerbe.

Csak hogy az hamar megtelik. A Mars és a holdak együttes felszíne kisebb a Földénél, a Jupiternek pedig alighanem kérge sincs. Akkor azután hová tovább?

Talán sehová. De már most látjuk a távolabbi célokat. A Galaxis tele van csillagokkal, százmilliárdokkal. Sok van a Naphoz hasonló, ebből soknak lehet Föld-szerű bolygója. Hogy mennyinek, azt nem tudhatjuk még, de vannak asztrofizikai találgatások, melyek szerint minden G típusú csillagnak kellene legyen bolygórendszere. Egyelőre mindegy, hogy a számba jöhető bolygók száma tízmillió-e, vagy egymilliárd; mindenképp sok. Ott vannak szemünk előtt.

Csak hogy *nagyon* messze. A legközelebbi csillagok néhány fényévre, néhány tucat billió kilométerre vannak, tízezerszer messzebb, mint a Naprendszer külső bolygói.

Szentiványi egy „történelmi” regényében² vagy 10000 éve keleti gravetti őseink véletlenül feltalálják a vízen utazást, egy fatörzsön. Nem kétséges, hogy alapos gyakorlás után ugyanígy hatalmas erőfeszítéssel megtanulhattak átjutni egy néhány száz méteres vízen is (Tisza, Duna). De ha ekkor valamelyikük az esti tábornút mellett azt állította volna, hogy egy ennél tízezerszer szélesebb víz (az Atlanti-óceán) mögött van egy még üres vadászparadicsom, akkor érdeklődve végighallgatják, de közlését nem tekintik gyakorlati tevékenységük alapjának. Mégis, 10000 évvel később Kolumbusz átjutott az óceánon.

Mindez azt sugallja, hogy ha ott vannak a használható bolygók milliói, és mi nagyon oda akarunk jutni, akkor előbb-utóbb oda is jutunk. (Mennél jobban akarunk, annál hamarabb.) Csak hogy érdeklődőbb olvasóink már hallottak arról, hogy ez nem olyan egyszerű: a relativitáselmélet ezt „valahogyan” akadályozza.

A „hagyományos” vagy múlt századi gondolkodás ma is vissza-visszatér, ha nem figyelünk oda. Lássunk erre egy példát, egy világszerte hatalmas nézettségű filmet, illetve a belőle készült regényt tanulmányozva!³ Hőseink felkelést vezetnek a Galaktikus Birodalom ellen, épp csatát vesztek a (számomra ismeretlen elhelyezkedésű) Hoth-bolygón, birodalmi flotta üldözi őket, hiperfény-meghajtásuk pedig elromlott. Üldözőiket sikerült lerázniuk, de nem ártana valahová meg is érkezniük. Végére is, a további harchoz szükség van rájuk, mint vezetőkre. Nincsenek messze az Anoa-rendszerből, és a hajó parancsnoka végre talál a térképen egy lehetséges célt: „...A rendszer neve Bepin. Nincs túl közel, de elérhető.”

Nos, lehet-e így hajózáni a Tejútrendszerben? (Nem most: a jövőben.) Ha igen, akkor nincs semmi probléma. A kérdés fontossága kézenfekvő, és a tér (pontosabban a téridő) geometriájának tanulmányozásával dönthető el. A tér ugyanis a lehetséges helyek összessége, a geometriája meg azt mondja meg, hogyan helyezkednek el e lehetséges helyek egymáshoz képest. (Pl. milyenek a távolságok köztük.) E részben meggondoljuk, mit tudunk a tér(idő) geometriájáról.

Eközben több képlet lesz, mint eddig. Néhány olvasónak ez kényelmetlen lehet, de elkerülhetetlen. Végére is, az eddigiekben semmi sem volt képletekből.

A tér szerkezetéről két forrásból szerezhethetünk adatokat. *Kicsiben* vizsgálhatjuk laboratóriumban, pl. részecskéket mozgatva. *Nagyban* nem kísérletezhetünk, de megfigyelhetjük a fény terjedését a távoli csillagoktól hozzánk. Ha azután a kettő összevág, akkor nyugodtak lehetünk. Ami így összeállt, az a tudomány véleménye. Nem a hivatalos tudományé, ahogyan azt sokan a tudományokkal nem foglalkozók közül mondják; a hivatalos jelzőnek természet-tudományokban semmi értelme. A Természet ott áll mindenki előtt, akinek eszköze és

kitartása van rá, megvizsgálhatja. És mivel mindenütt és mindenki számára ugyanolyan, nem lehet hamisítani. Az lehet, hogy egy ideig mindenki téved. De még az ilyen tévedésben is több szokott lenni a tudományosság és igazság, mint a válogatás nélküli pusztán kételyben és tagadásban.

Mivel a Galaxis nagy és öreg, most vigyáznunk kell. Ha tagadunk olyant, ami lehetséges, de csak 10000 évvel ezutáni technikánk számára, akkor becsaphatjuk magunkat a mai Galaxist illetően is. Persze nem ismerhetjük az i. u. 12000. év tudományos igazságait; ezért kell óvatosan lennünk. Remélem, el tudok majd lavírozni a földhözragadtság Scyllája és az alaptalan szárnyalás Charybdise közt; végtére is nemcsak azt tanultam meg, mit mond ma a tudomány a térről, hanem azt is, *miért* gondolja, hogy azt kell mondani. És meglátjuk majd, mennyivel érdekesebb és hasznosabb megvizsgálni a lehetőségeket, mint előre eldönteni, mi lesz az eredmény, és azután az ettől eltérő végeredményekre gyanakodni, és ellenük mennydörögni.

A tér és az idő

Amit az iskolában tanulunk a térről és az időről, az nagyjából a múlt század fizikája. Eszerint van az egymástól független abszolút tér és idő. A tér minden pontja fölött állandó ütemben múlik az idő, függetlenül attól, mi van ott. A tér 3-dimenziós, azaz 3, páronként merőleges irány van benne. (Nézzünk fel egy szoba felső sarkába, és látjuk!) Más szóval, a pontok 3 irányba helyezkedhetnek el: hogy egy pont lehetséges vagy valódi helyét megadhassuk, 3 adat kell. (Pl. hogy mennyire van előre, jobbra és föl.) E 3-dimenziós tér geometriája euklideszi, ami finom állítások érvényességét jelenti párhuzamosok létéről és effélékről, de számunkra most elég lehet annyi, hogy *minden* háromszög szögeinek összege 180° . Ezt - amint meg-egyeztünk abban, mi az egyenes - le tudjuk ellenőrizni. Newton fizikai törvényei szerint a magára hagyott test pályája egyenes: Gauss megpróbált háromszöget rajzolni 3 hegycsúccsal, melynek oldalait a szabadon repülő fény húzza ki, és semmi eltérést nem talált 180° -tól.

Biztos-e, hogy 3-dimenziós a tér? Nagyon úgy látszik. De bárki töprenghet egy negyedik irányról, melyben valamiért nem terjed a fény. Ha semmi sem terjed arrafelé, akkor persze nincs értelme a negyedik irányról beszélni. Tegyük fel, hogy lehet arrafelé mozogni, *csak nagyon nehéz*. E negyedik irány létéből furcsa jelenségek adódnának (persze, mivel arra nehéz mozogni, csak ritkán). Egy ilyent könnyű elképzelni 2- (illetve 3-) dimenziós világban. Legyenek síklakóink: ezek síkjukra, melyet a világnak néznek, lerakhatnak egy jobblábás lábnyom alakú papírdarabot. Akárhogyan is forgassák, jobblábás marad. De ha valaki felemeli a síkról a *harmadik* irányba, és ott másik lapjára fordítja, majd így teszi vissza, akkor ballábassá vált. Ha tehát mi azt látjuk, hogy egy jobblábás cipő egy pillanatra eltűnik, majd újra megjelenik, de ballábasként, akkor az a negyedik dimenzió létére mutatna, mint H. G. Wells már évtizedekkel ezelőtt elmesélte egy novellában. De ilyent ellenőrzött körülmények közt még senki sem látott. A részecskefizikában van néhány furcsa részecskebomlás, és vannak is magasabb dimenziós részecskefizikai elméletek, de hát ezeket illetően még bizonytalanok vagyunk. Mindenesetre egy elemi részecske nagyon kicsiny, 10^{-13} cm, vagy kisebb. Ennél nagyobb méretekben a fizika biztosan nem látta még semmi nyomát a tér negyedik dimenziójának.

A jobblábás cipő még egy másik módon is ballábassá változhat. Ehhez megint lemegyünk 2 dimenzióba, és ott csinálunk egy Möbius-szalagot. Vegyünk egy hosszú papírcsíkot, és mielőtt karikába ragasztanók, csavarjuk meg 180° -kal. Az adódó Möbius-szalagnak csak egy oldala lesz, mint erről meggyőződhetünk egy ceruza végigvezetésével. De most nem ez a lényeg. A 2 dimenziós „térnek” (a síknak) nincs vastagsága, tehát a papírlap alsó és felső felét semmi sem választja szét. Hogy ezt magunknak láttathassuk, a Möbius-szalagot áttetsző papírból kell

csináljuk. Ha megvan, rajzoljunk rá valahol egy jobblábás lábnyomot, és rajzolva vigyük körbe! Mikor visszaér (gyarló példánkon ugyan túloldalt, de átlátszik), már ballábás.

Szóval: ha a távoli útról visszatérő űrhajós szíve néha jobbra kerül, akkor a tér lehet 3-dimenziós, de Möbius-szerkezetű. De ha időnként rövid időre eltűnnek emberek, és azután ugyanott jobb oldalon dobogó szívvel jelennek meg, akkor a tér (legalább) 4-dimenziós. Hangsúlyozom: elemi résznél nagyobb testre fizikus ilyent még sohasem látott.

Biztos-e, hogy a tér geometriája euklideszi? Gauss igazolta ezt földi méreteken. De, ahogy kicsiben minden felülethez hozzásimíthatunk egy síkot, ugyanúgy kicsiben minden tér euklideszi. Képzeljük el, hogy a tér egy 4-dimenziós gömb 3-dimenziós „felülete”! (Illetve képzelje el, aki tudja; én nem tudom, de leírom matematikailag, ha kell.) Ha a gömb sugara (4 dimenzióban) R , akkor minden „egyenes” pl. fényjel) $2\pi R$ út után visszatér, mint pl. a Földön az Egyenlítő. Fénysugarakkal rajzolt háromszögeink gömbháromszögek, így szögeik összege 180° felett van; annál inkább, mennél nagyobb a háromszög. (Próbáljunk háromszöget rajzolni a földgömbön!) Csakhogy mekkora lehet R ? A csillagászok ellátnak 10 milliárd fényévre, és nem magukat látják ott. R tehát legalább néhány milliárd fényév. Ha egy ekkora gömbön néhány km-es háromszöget rajzolunk, a szögek összege a $36.^\circ$ jegyben tér el 180° -tól, és ennyire pontosan Gauss nem mért. Az ún. kozmológiai elv (a térnek nincs középpontja és kitüntetett iránya) szerint *nagyban* összesen 3 geometria jöhet szóba: az euklideszi, az R sugarú hipergömb-felület (ez véges, térfogata $2\pi^2 R^3$), és egy végtelen hiperboloid („nyereg-felület”) R görbületi sugárral. Csillagászati megfigyelések ma még nem tudnak döntenit, de ha netán nem volna euklideszi a tér, R nem lehet akkor sem néhány milliárd fényév alatt. A Galaxis ehhez képest egy pont; a Világegyetem *nagyléptékű* geometriáját nyugodtan gondolhatjuk most euklideszinek.

Kisebb méreteken lehetnek a geometriában szabálytalanságok, bár ilyenekről Newton mit sem tudott. Ezeket a fény terjedéséből, bolygók mozgásából stb. látni lehetne (és nem látunk lényegeseket), de ezt posztponáljuk az általános relativitáselméletig. Addig két nagyon közeli pont távolságát a Pitagorasz-képlettel számíthatjuk:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2. \quad (1)$$

Most egy kis elemi newtoni fizika. Nem beszélünk az űrutazás energiaszükségletéről, mert a jövő technikai trükkjei beláthatatlanok. De nagy sebességet gyorsulás nélkül elérni nem lehet. Gyorsuláskor viszont súlyt szoktunk érezni. Pontosabban, ha ülünk valamiben, és az gyorsul, tehetetlenségünk visszatart, mi nyomjuk a falat, az minket, e nyomás testünkben szétoszlik, és zavarja belső részeinket. Évszázmilliók alatt olyan súlyt szoktunk meg, amely $1 g$ ($= 9,81 \text{ m/s}^2$) gyorsuláshoz tartozik. Ezt bármennyi ideig bírjuk, többszörösét nem sokáig. Legyen egy űrhajónk, amellyel d utat akarunk megtenni, állandó $1 g$ gyorsulással, fele útig gyorsítva, onnan lassítva. $1 g$ gyorsuláson nagyjából 1 év ($= 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$) alatt érjük el a fénysebességet, és a sebesség egyenletesen nő. Ezért d -t fényévben, a t utazási időt évben mérve

$$t = 2 \cdot \sqrt{d}. \quad (2)$$

4 fényév 4 év út, 16 fényév 8 év, 100 fényév 20 év és a Galaxis közepe 400 év. Sok ez, vagy kevés?

A Nap környezetében két csillag átlagtávolsága (a szomszédoké) valamivel 8 fényév alatt van (ha a kettős és többszörös csillagokat egynek vesszük);⁵ ez alighanem jellemző a Galaxis nagy részére, kivéve a közepét és a gömbhalmazokat. A legközelebbi csillag (az α -Centauri hármas rendszere) lényegesen közelebb van, 4,3 fényévre. De nem minden csillagnak vannak lakható bolygói.

Igazából egyről sem tudjuk, hogy volnának. Néhány közeli csillag mozgásából sejthető, hogy hatalmas, Jupiternél nagyobb bolygói vannak, de nekünk Föld méretű kőzetbolygó kell épp jó távolságban. Ilyent a Földről nem láthatunk. De értelmesen találgathatunk. A csillagok (ritka kivételekkel) szinképük jellegzetességei szerint, csökkenő felszíni hőmérséklet rendjében az O, B, A, F, G, K, M osztályokba sorolhatóak, mindegyiken belül alosztályokkal 0-tól 9-ig. A Nap fősorozati (más néven törpe, azaz el nem öregedett) G2 csillag. Megfigyelések szerint az F5-nél forróbb csillagok sokkal gyorsabban forognak, mint a langyosabbak; ésszerű azt gondolni, hogy utóbbinál a csillag kialakulásakor a bolygórendszer viszi el a perdületet. Azaz F5 után a bolygórendszer igen valószínű. Másrészt az M csillagok nagyon halványak, és a bolygónak nagyon közel kellene keringenie, hogy ne legyen fagyott. Így úgy *becsülhetjük*, hogy a G csillagok körül van jó esély. 17 fényéves környezetünkben (amit a csillagászok aprólékosan felderítettek) Napunkon kívül 2 G törpe van. Az egyik az α -Centauri A; csaknem pontosan olyan, mint Napunk, de egy hármas rendszer tagja, és két társa háborgatja (esetleges) bolygói mozgását. A másik magányos: a τ -Ceti, G8 csillag. Kicsit halvány, de reménytelen. 30 fényéven belül még van 5.

Nos, a τ -Cetit 7 év alatt elérhetjük. De ez nem közlekedés, hanem kivándorlás. Ilyen módon még a közeli csillagok betelepített bolygói közt sem lehet rendszeres kapcsolatot tartani. Az eddigi történelemben a „legmesszebről” igazgatott gyarmat a spanyol Fülöp-szigetek volt: Manila és Spanyolország közt a hajóút a XVI. században úgy egy évig tartott. Évtizedes utazási idők esetén a csillagról csillagra települő emberiség elszigetelt világokra esik szét, és a külső világokon a Föld nem lesz több legendás őshazánál, az újabb világokról pedig tudomás sem lesz. De valóban ennyit enged meg a természet nekünk?

Nos, van a relativitáselmélet: itt már fénysebesség táji utazásokról van szó, és olyankor nem elég a newtoni geometria. De ez nem segít; meglátjuk később. Egyelőre okoskodjunk nélküle. A gyorsulás fokozható orvosi trükkökkel. Ha pl. az űrutasokat sikerülne felfüggesztett életműködésű állapotba hozni (lehűtve?), lehetne 4 g-vel is utazni. De ez is csak felére rövidíti az időt. Nagyobb gyorsulásokon aztán egyszer csak elérjük a határt, ahol a csont törik.

Kivéve, ha a hajót és a hajóst *egyszerre* gyorsítjuk. Ugyanis nem a gyorsulást érezzük, hanem a nyomást. Szabadon esve súlytalanok vagyunk, és azok lennénk 10 g-nél is. Ha *húzni* tudjuk a hajót valami olyannal, ami minden részecskének azonos gyorsulást ad, akkor a gyorsulás ártalmatlan. Ma csak egyetlen ilyen hatást ismerünk, a gravitációt (később látjuk majd, hogy minden ilyen gravitációnak kellene nevezünk), de az elég is, hogy gondolkozhassunk. Szóval a Föld és a τ -Ceti bolygója közt megfelelő irányú és nagyságú gravitációt kellene létesíteni a rendszeres közlekedéshez. Nyilván nem az űrhajó húzná saját magát: ki kellene építeni egy pályát neki. A technikai részleteket érthető okokból most mellőzném; mindenesetre előbb el kell készülni a pályával, azután jöhet a rendszeres forgalom. Ilyen pálya nélkül Leia Organa hercegnő és Han Solo kapitány az Évezredes Súlyommal³ évekig utazhat a Hohtól a Bepinig. Közben pedig a Birodalom rég leverte a Szövetséget.

A Galaktikus Vasutak

Az ötlet fizikailag nem lehetetlen, de irtózatosan nehéz. Csakhogy a 10 milliárd éves Galaxisban nyugodtan lehet milliárd éves civilizáció, és az megvalósítható. Az előre elkészített kötött pálya és hajtóerő miatt leginkább a földalattihoz lehetne hasonlítani, de az egész nyilván egy hálózat, váltókkal, pályaudvarokkal stb., tehát felépítése a vasutakhoz hasonló. Hívjuk hát Galaktikus Vasutaknak (GAV). Ilyen vonalat nyilván csak akkor lehet kiépíteni, ha már a célállomáson is ott van a fejlett civilizáció; az első betelepítés lassú és körülményes mindenképp.

És itt meg kell állnunk egy pillanatra. Mi van, ha a fejlett galaktikus lények évtízezredekig élnek. Akkor nyugodtan űrhajózhatnak a GAV nélkül is. Amint U Thant egykori ENSZ-főtitkár mondotta: „Az időnek azon szakaszai, amelyeket ön éveknek hisz, mások számára talán csak napok lehetnek.” Nos, nem valószínű. U Thant nem fizikus vagy biológus volt, hanem politikus: ebbeli képességei miatt lett ENSZ-főtitkár. Az értelmes életnek valahogyan ki kell fejlődnie, az egymást követő nemzedékeken keresztül ható kiválogatódásban. Nagyon hosszú életű lényeknek lassú a nemzedékváltása, és lassan jutnak el az értelemig. Mivel pedig a Galaxis kb. 10 milliárd éves, és némi idő ahhoz is kellett, hogy a bolygókhoz szükséges nehéz elemek az első csillagokban létrejőjenek, a 4,6 milliárd éves Naprendszernél *sokkal* idősebb élethordozó rendszerek nincsenek. Nálunk 4 milliárd éves az élet; sokkal fejlettebb lényeket a rövidebb életűek közt várhatunk. Kis különbségek persze lehetnek; semmi lehetetlen nincs 200 évig élő értelmes lényekben, de 10000 évesek nincsenek. Hacsak mesterségesen meg nem nyújtották életüket; de akkor meg alighanem nagyon vigyáznak magukra, és nem nagyon ugrálnak.

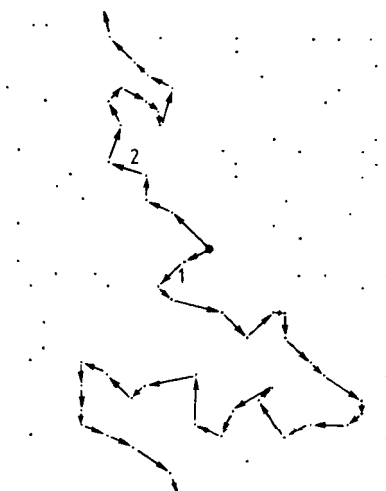
Nos, 1 milliárd éve valaki megkezdte a GAV kiépítését. Ha még azóta is épül, hol tart? A civilizáció d hosszú ugrásokkal halad a csillagok közt, és az újonnan betelepített bolygókról *nagy tömegben* csak T idő múlva megy tovább, mikor megteltek. Mekkora d és T ?

Tudni nem tudjuk. De d a legközelebbi lakható bolygó távolsága, és arról láttuk, hogy kb. 10 fényév. T -ről még kevesebbet tudunk. Egyetlen hasonló adatunk van: Európa 30000 év alatt telt meg, és kezdett tömeges kivándorlásba. Jobb híján legyen ez T . Ha egy irányba halad a vándorlás, akkor t idő alatt a vonal r hosszúra:

$$r = dt/T. \quad (3)$$

Ez milliárd év alatt 300000 fényév, tehát a több a Galaxis átmérőjénél. Csakhogy nincs okunk azt gondolni, hogy a vándorlás egy irányba folyik évmilliókig. Mikor a bolygó már tele van, és kalandvagyó embereknek már túl szűk, kirajzanak a felderítők sokéves útjukra. Láttuk, hogy belátható és megtehető távolságra nem sok lakható bolygót remélhetünk. Az 1-2 elfogadhatót elkezdik lakhatóvá tenni, akármilyen irányba legyen is (1. ábra.) Az ilyen út a matematikusok „véletlen bolyongása”, a bejárt távolság csak a lépések számának négyzetgyökével nő:

$$r \approx d \cdot \sqrt{t/T}. \quad (4)$$



1. ábra. „Véletlen bolyongás” a csillagok közt

Az ábra pontjai a térben véletlenszerűen eloszló lakható bolygójú rendszerek. A nagy folt az anyarendszer. A lefelé induló vonal szabálya: minden lépcsőben a legközelebbihez. Láthatóan a távolodás lassú. A másik vonal hasonló, csak másmerre indult. Ténylegesen a terjeszkedés valamivel gyorsabb, mert minden pont egy idő után másodlagos vándorlás kiindulópontja.

Ez milliárd év alatt 2000 fényév. Egy ekkora környezetben *lehet* GAV-hálózat. Mikor ér el minket?

Biztos, hogy nem ért el? Mi biztosan nem vagyunk része a GAV-nak; nehezen léphetett volna be egyetlen földi csoport a többi tudta nélkül. Pályaudvar vagy akárcsak állomás állomásfőnökkel nem lehet itt. De egy megálló, peronnal és jelzőlámpával? Végül is az indiánok földjén át épített vasutat az Egyesült Államok.

Csak hogy azok észre is vették. A Földön biztosan nincs megálló. Közvetlen környezetében sincs, mert mesterséges holdak állandóan keresztül-kasul járnak, minden gravitációs zavar nélkül. A Naprendszer külső zónájában lehet; de minek? Olyan érdekes a Naprendszer?

Nos, ennyit egyelőre erről. Nem a csillagközi űrutazás a témánk, hanem bizonyos „rejtélyek” magyarázat(g)ása. Lássuk tovább a tér szerkezetét!

A sík téridő

1908 óta tudjuk, hogy nincs abszolút tér. Mindenkinek van saját 3-dimenziós tere és 1-dimenziós ideje, de az csak reá tartozik. 1881-ben Michelson megpróbálta megmérni a Föld sebességét az abszolút térben, sikertelenül. Az ötlet lényege az volt, hogy a fény *valamihez képest* terjed c sebességgel; nyilván az abszolút térben. Egy ún. interferométer karjain futtatta végig a fényt két irányba, azután elfordította a karokat, s megint. Ha az interferométer nem áll, akkor - gondolta - a két kar mentén nem azonos idő alatt fut végig a fény, és a futási idő a karok irányától függ. Elfordítás után tehát az interferenciamintázat megváltozik. Műszere 3 km/s sebességet már kimutatott volna, de semmit sem talált. Ez nagy meglepetés volt; 3 magyarázattal lehetett próbálkozni.

1. *A Föld nem mozog a térben.* Ez teljesen hihetetlen, hiszen kering a Nap körül (30 km/s), az a Tejút középpontja körül és így tovább.

2. *A Föld magával viszi az „étert”, amelyben a fény rezgésként terjed.* Ez lehetetlen, mert akkor a keringő bolygók sűrűlnének az éterben, és azt látni lehetne a bolygók mozgásán, aminek nyoma sincs.

3. *A testek mozgásuk irányában megrövidülnek.* Ez volt Lorentz ötlete: egy $\sqrt{1-v^2/c^2}$ arányú rövidezés épp kiegyenlítette volna a mozgás hatását, és minden további nélkül lehetséges, mert a részecskék közti erő terjedését befolyásolja a mozgás. (A részleteket az olvasó megtalálja máshol; itt most nem ez a fő kérdés.) Jó ötlet volt, csak hogy ha ez minden testre egyetemes összehúzódnás, akkor sehogy sem lehet megmérni a testek igazi hosszát, mert a mérőrudak is összehúzódnak. 1905-ben Einstein megmutatta, hogy *ha mérhető* mennyiségekkel kívánunk fizikát űzni, akkor egy esemény x, y, z helyét és t idejét a különböző, sebességekkel mozgó megfigyelők másnak és másnak mérik, bizonyos szabályok szerint. Eredményéről azután volt főiskolai tanára, Minkowski, 1908-ban megmutatta, hogy mit jelent. Nincs külön tér és idő. Egyetlen 4-dimenziós téridő van, melynek pontjai *az események*, adott helyen és időben.

Két nagyon közeli esemény négyestávolságát (1)-hez hasonló képlet adja:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2. \quad (5)$$

Ezt mindenki egyformának látja; hogy azután két esemény közt ki mennyi teret és mennyi időt lát, az attól függ, milyen „szögből” néz rá, azaz hogyan mozog. A részleteket legjobb Einstein-tól elolvasni. De mit jelent a fenti ds , és hogyan magyarázza meg a Michelson-kísérlet negatív eredményét?

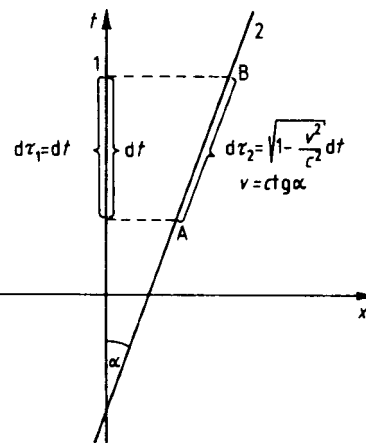
Vegyünk először két eseményt, melyre $ds^2 < 0$. Ekkor a második esemény az elsőből fénysebesség alatti egyenletes mozgással elérhető. Hajítsunk át valami műszert ilyen sebességgel: legyen rajta távolságmérő és óra. A műszer nem tudja, hogy ő mozog, tehát azt hiszi, hogy áll: x , y és z nem változik, csak t . Ennek változását mutatja az óra. E speciálisan mozgó óra mutatta időt *sajátidőnek* hívjuk, ez τ , tehát

$$d\tau = \text{sqrt}(-ds^2)/c. \quad (6)$$

Ha a két esemény közt $ds^2 > 0$, akkor a képlet mutatja, hogy ilyen dz nincs. Akkor megpróbálunk úgy mozogni, hogy a kezdő- és végesemény *idejét* lássuk azonosnak; akkor egy τ távolságot mérhetünk köztük eme térben, és láthatóan $ds = d\tau$.

Nos, nézzük a 2. ábrát! Van az A és B esemény, és két űrhajós, akik szemlélik. Az első pályája egyszerűen a függőleges tengely (hiszen áll az $x = 0$ pontban); a másodiké épp átmegy a két eseményen. A dolgokat úgy írjuk le, ahogyan az első látja. Számára a második sebessége:

$$v = dx/dt. \quad (7)$$



2. ábra. Relativisztikus időlassulás

Két esemény (A és B) időbeli távolságát az 1. megfigyelő dt -nek méri. Az egyik eseményből a másikhoz utazó 2. űrhajós saját óráján múló idő ehhez képest $\text{sqrt}(1-v^2/c^2)$ arányban rövidül, ahol v a 2. sebessége az 1. mérése szerint. A rövidülést az ábra nem tudja láttatni, mert pszeudo-euklideszi geometriát nem lehet euklideszi síkon mérettartóan ábrázolni.

Ő a két esemény közt dt időt mért, de leolvashatja a második órájáról, hogy az mennyit mért. Az (5) és (6) képletekből:

$$d\tau = \text{sqrt}(-ds^2)/c = dt \text{sqrt}(1-v^2/c^2). \quad (8)$$

Ezt hívják relativisztikus időlassulásnak. A gyorsan mozgó űrhajón lassabban telik az idő, mint az induló- és célállomáson. Van egy teljesen hasonló képlet a távolságokra is, formailag olyan, mint a Lorentz-kontrakció, de azzal nincs dolgunk.

No, és hogyan értjük ebből meg a Michelson-kísérletet?

Egyszerűen. A fény terjedése közben $dx^2 = c^2 dt^2$, tehát $ds = 0$. Ez azonban a minden megfigyelő számára azonos négyestávolság, tehát ha egy megfigyelő $dx = c dt$ -t látott, a többi is azt lát. Bármelyik, bárhogy mozogva elosztja saját mért dx -ét és dt -jét, ugyanannyit kap. A téridő léte miatt a fény terjedési sebessége mindenkinek ugyanaz, akárhogy mozgunk, és *minden* Michelson-kísérlet negatív eredményt kell adjon.

De a téridő egy *elmélet*. A Michelson-kísérlet egymagában nem bizonyíthatja, hogy nincs külön tér és idő; számos más magyarázatot is ki lehet agyalni. Közvetlenebb bizonyítékok kellenek, és azokat *kicsiben* szerezzük meg.

Vegyünk egy bomlékony részecskét: valamennyi τ idő alatt bomlik, és azalatt $v\tau$ utat tesz meg. De ha van „időlassulás”, akkor eme út $v\tau/\sqrt{1-v^2/c^2}$, mert a „kint” mért idő hosszabb τ -nál. Nos, ezt kozmikus sugárzásban vagy gyorsítóval ellenőrizni lehet; úgy is van, és a képlet is jó.

Egy másik ellenőrzés az, hogy megpróbáljuk a részecskénket fénysebesség fölé gyorsítani. A gyorsítóval adunk valamekkora E mozgási energiát; ez a newtoni fizika szerint ad valamekkora sebességet, mégpedig

$$E = 1/2 mv^2 \quad (9)$$

szerint, ahol m a részecske (gyorsítás előtti és utáni) tömege. Eszerint egy elektron negyedmillió elektronvolt gyorsítóenergián elérné a fénysebességet. A mai gyorsítók ennek a milliószorosánál(!) járnak, de fénysebesség alatt.

A speciális relativitáselmélet jelzi is, hogy nem jutunk c fölé. Végtere is a fénysebesség átlépésekor (8) megbolondulna, és a felgyorsított óra nem mérhetne *semmit*. Konkrétan az történik, hogy a mozgási energia relativisztikus képlete (9) helyett más:

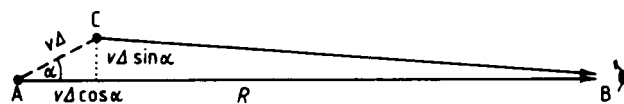
$$E = m(c^2/\sqrt{1-v^2/c^2}-c^2) \quad (10)$$

Ez végtelenhez tart, amint v a c -hez közeledik. És megint a kísérletek összevágna a képlettel. Ezt szokás úgy mondani, hogy a felgyorsított test tömege $m/\sqrt{1-v^2/c^2}$ szerint nő, és a növekvő tömeget egyre nehezebb gyorsítani. Mondhatjuk így is; a lényeg a (10) képlet.

Van még sok ilyen kísérlet. Legtöbb elemi részecskékre, hiszen azokat könnyű fénysebesség tájára gyorsítani: igazolják a speciális relativitáselméletet. Van néhány kísérlet emberi méretű tárgyakkal is: pl. repülőgépen körbevitt atomóra tényleg lassabban járt, mint a békén hagyott. Végül vannak egészen nagyban csillagászati *megfigyelések* is. Ezek legtöbbje egyezik a relativitáselmélet jóslatával, de az *általános* relativitáselméletével, mert gravitáció is jelen van. De van egy érdekes ellenkező adat, amiről már itt szólhatunk.

A kvazárok legfeljebb Naprendszer méretű, de ahhoz képest nagy tömegű távoli égitestek (2 milliárd fényévnél közelebb nincs belőlük). Teljesítményük hatalmas: valószínűleg valamiféle gravitációs összeomlás folyik bennük.¹² Sok környékén kidobott fénylő anyag látszik, és nagyon bonyolult mérésekkel láthatóan távolodik. Ez nem volna meglepő; csakhogy van olyan, amely 1 év alatt 1 fényévnél többel látszik elmozdulni. Ezek jól dokumentált megfigyelések;¹³ tessék, itt a fénynél gyorsabb mozgás. Nem igaz a relativitáselmélet?

Na, ez így túlzás. Van másik magyarázat is. Ez egyszerű, de hosszadalmas. Talán a 3. ábra segít. Az A kvazár $t = 0$ -kor v sebességgel, a B megfigyelőhöz α szög alatt kidobja a C anyagot. Eme esemény fénye $t = R/c$ -ben jut a megfigyelőhöz.



3. ábra. Szuperluminális események hagyományos magyarázata

Az A kvazár t pillanatban a B megfigyelőhöz képest α szögben v sebességgel kidob egy fénylő C anyagot, és Δ idővel később újra felfénylik C. Mivel C közeledik, a két eseményt mi Δ -nál kisebb időkülönbséggel látjuk, ezért C mozgását a valódinál gyorsabbnak látjuk. Ha v közel van c -hez, és az a szög közepes, a látszólagos sebesség c feletti lehet.

Valamennyi Δ idő múlva a kidobott anyag $v\Delta \cos \alpha$ -val van a megfigyelőhöz közelebb és $v\Delta \sin \alpha$ kitérésnyire látszik. Eme esemény fénye $\Delta + (R - v\Delta \cos \alpha)/c$ időkor érkezik meg. A megfigyelő látta távolodás és időkülönbség aránya a *látszó* sebesség:

$$v_1 = v \sin \alpha / 1 - (v/c) \cos \alpha \quad (11)$$

Ez ugyan *általában* az α szög csökkenésével csökken (hiszen egyre kevésbé látszik C távolodni), de ha v csak alig kisebb c -nél, sem túl kis, sem túl nagy α szögnél v_1 nagyobb lesz c -nél. Aki nem hiszi, vegyen elő függvénytáblát: $v=0,9c$ esetén v_1 nagyobb c -nél 7° és 83° közt, tehát majdnem mindig, ha nem hátrafelé repül. A fénysebesség 90%-a nagy sebesség, de nagy robbanásban nem lehetetlen; ettől kezdve a dolog számunkra addig érdektelen, amíg a kvazárokról részleteket nem tudunk meg.

Szóval amennyire ezt le tudtuk ellenőrizni, téridő van, Minkowski-geometria van (egészen nagyban már nem az lesz, de erről később), fénysebesség fölé nem lehet gyorsítani. Ez nem egyszerűen a „hivatalos” állítás; akinek nem tetszik, az álljon elő, és magyarázzon meg *mindent*, amit a gyorsítókban látunk úgy, hogy lehessen c fölé menni. Végül is, sokszor megpróbáltuk.

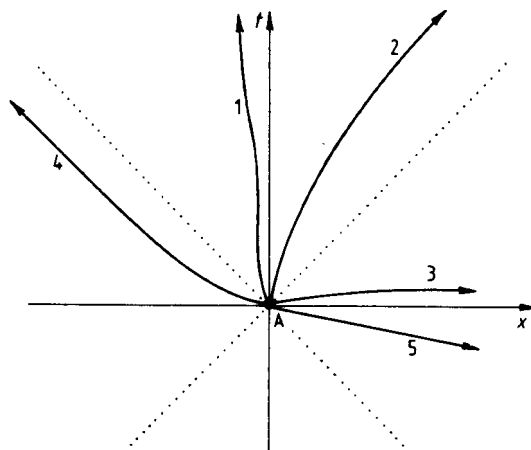
De akkor most már a (2) képlet nem igaz, mert ott feltettük, hogy a sebességet lehet egyenletesen növelni akár c fölé is, és nem lehet. A számításokat újra el kell végezni, olyan gyorsulással, amit az űrhajós érez mindig 1 g-nek. Fénysebességhez közeledve a Földön maradt szemlélők egyre kevésbé látják gyorsulni az űrhajót. Mégis, az űrhajós τ sajátidejében a képlet érvényes marad. A τ -Cetire *neki* 7 év kell. De ezalatt a Földön 14,5 év telik el. És ezt a gyorsítás növelésével sem lehet rövidíteni. 12 fényévet a Föld számára 12 évnél hamarabb nem lehet megtenni.

Han Solo Ezredéves Sólýma a Bepint (óriási gyorsulással, utasait befagyasztva stb.) elérhette úgy, hogy közben az űrhajóban még 1 év sem telt el. De a Galaxisban közben elmúlt 4-5 év. Nem hiányzott közben Leia hercegnő társainak?

És akkor most mi van a Galaktikus Vasutakkal? Hatalmas gravitációval felgyorsíthatunk járműveket, mégsem lehet úgy közlekedni, hogy vissza is térhessünk kortársaink életében? Hiszen ugyan minek elutazni 1000 fényévnnyire és visszatérni, ha a hozott hírré már senki sem kíváncsi, magunk meg rá sem ismerünk otthonunkra? Akkor már ott is maradhatunk, ahová mentünk. Nos, ne siessünk. Ahol nagy gravitáció van, ott általános relativitáselmélet kell. Majd akkor látjuk, mi van.

Tachyonok?

A szó gyors részecskét jelent, azaz félynél gyorsabbat. Ugyanis a speciális relativitáselmélet nem azt tiltja, hogy valami félynél gyorsabb *legyen*, hanem azt, hogy azzá *váljon*. Lehetnek olyan részecskék, melyek mindig félynél gyorsabbak; ha energiát kapnak, lassulnak, fénysebesség felé. A helyzetet a 4. ábra szemlélteti. Az A esemény egy adóállomás működése: az adó valahogyan szabályozni tudja részecskék áramlását, és ezzel ad jelzéseket. A szaggatott vonal az A esemény *fénykúpja*: a kifutó fényjelek útja, és a múltban olyan befutó fényjelek, melyek épp A-ba érnek. Normális részecskék (amilyeneket ismerünk) a fénykúp belsejében futhatnak, és nem tudják megelőzni a fényjeleket. A tachyonok csak a fénykúp kívül futhatnak. Mivel, ha más-más megfigyelők néznek egy normális részecskét, annak sebességét $-c$ és $+c$ közt akárminek láthatják, azaz a fénykúp belsejének minden egyenesé egyenértékű (csak a *relatív* sebességnek van értelme, az abszolútnak nincs, épp ez a relativitáselmélet). Nyilván a tachyonok meg akárhol futhatnak a fénykúp kívül.

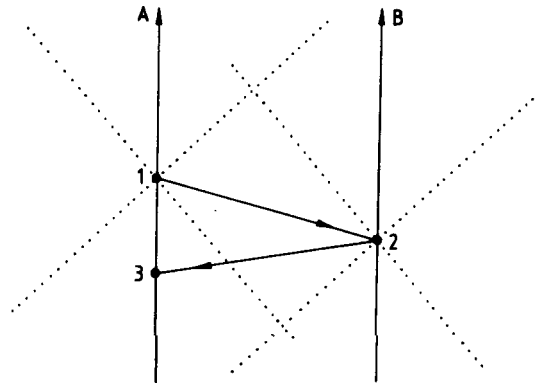


4. ábra. Normális részecskék és tachyonok

Egy „adóállomás” az A eseménynél részecskéket bocsát ki. Az x és t tengely az adóállomás saját koordináta-rendszere, de ennek a relativitáselmélet szerint nincs jelentősége. A pontozott vonal az A esemény fénykúpja. A kúp felett mozognak a félynél lassabb részecskék (mint amelyeket ismerünk), alulról jöhetnek be A-ba. A kúpon kívülre csak fénysebességnél gyorsabban lehetne eljutni. 1. és 2. félynél lassabb részecske; 2. egyre gyorsul, és megközelíti a fénysebességet, ahogyan energiája nő. 3. 4. és 5. tachyon: 4. energia felvételével egyre lassul fénysebesség felé. 5. időben visszafelé halad, ami a fénykúpon kívül nem kizárt

Remek. Akkor végtelen sebességük is lehet, egy pillanat alatt akármilyen messze tudunk üzeni. De tudunk-e utazni? Erre a tudományos-fantasztikus irodalomban kétféle javaslat van. Az első: testünk mintázatát lemásoljuk tachyonokkal, és a mintázatból újra előállunk a célnál.¹³ Ötletes, de veszélyes, és zavaró filozófiai problémákat tartalmaz: ami ugyanolyan, mint én, az *én* vagyok-e, folytatja-e az az *én* tudatomat? Ne töprengjünk ezen: van kispolgárabb megoldás is. Tachyonsugarakkal vezérelve gyárthatunk robotokat a célállomáson, és azután mesterséges érzékszerveik és agyunk közt tachyonokkal tarthatjuk a kapcsolatot.¹⁴ Ez épp olyan, mintha ott volnánk.

Ez remek. Csakhogy tachyonokkal üzeni lehet a múltba, az 5. ábra szerint. A tachyonok ugyanis akárhol futhatnak a fénykúpon kívül. (A fizikusok által vagy 20 éve ténylegesen kitalált berendezés kicsit bonyolultabb: 4 adó-vevő kell hozzá, melyek egymáshoz képest fényhez közeli sebességekkel mozognak, de a tisztelt olvasó e bonyodalom nélkül is el lesz valahogyan.) Na de mi van, ha az A adóban van egy bomba, amely a visszaérkező jelre robban? Ha A adott jelet, az a múltban visszaér, felrobbantja a bombát, de akkor nincs jel. De ha nincs jel, nem robban a bomba, tehát lesz jel a múltban, de akkor felrobban a bomba, tehát nincs jel... Ebből elég. Nagy kavardás támad, ha hírt lehet küldeni a múltba.



5. ábra. Időbeli paradoxon tachyonokkal

Az A 'tachyonadó' időben visszafelé futó tachyont tud kibocsátani, az üzenetet B közvetítőállomásként visszasugározza, és az még elindítása előtt visszaér (1-2-3). Ha az üzenet megakadályozza az adó működését, akkor nem indulhatott el. Ténylegesen javasoltak ilyen berendezést 4 adóvevővel, ami ilyen képtelen módon „működne”, amennyiben vannak tachyonok

Ilyen évezredek óta töprengenek. Ez ugyanis az „igazi prófécia” kérdése. Ha a jóslás nem találgatás, hanem a jövőből jövő igazi hír, akkor megakadályozhatja saját bekövetkeztét. A görögök nem hitték, hogy minden jóslás igazi, de azért úgy hitték, hogy vannak igazi jósdák, pl. Delphoi. Lássuk most szegény Oidipusz király történetét. Dehogy is volt neki oidipusz-komplexusa; az egész történet épp az, hogyan próbálta elkerülni saját anyját.¹⁵

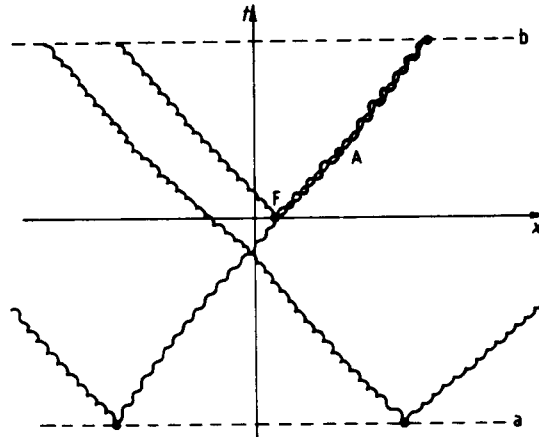
Laiosz thébai király jóslatot kap, hogy most születendő fia majd őt megöli, és saját anyjával hál. Ezt jobb elkerülni; látszólag semmi akadály, a gyermeket el kell emésztetni, és kész. Csakhogy senki sem mészárolja le élvezettel saját elsőszülött fiát, meg az anyának sem tetszene a dolog. Mit csinál? Odaadja egy szolgájának, eméssze el az. Ő is továbbadta, a második szolga sem akart csecsemőt ölni, hát kitette a vadonba, emésszék el a vadak. Ott viszont megtalálta a gyermektelen korinthoszi király vadásza. A csecsemő megtetszett a királyi párnak; elhatározták, hogy titokban örökbe fogadják. Senki nem tudhatta meg, hogy nem az övék, mert akkor jogait követelte volna a királyság valamely távolabbi várományosa.

A kis Oidipusz felserdült; vélt szüleit nagyon szerette. Trónörökösnek nem árt, ha jóslatot kér Delphoiban, de mikor belépett a szentélybe, a Pythia ráförmedt: „Takarodj nyomorult. Megölöd apádat és anyáddal hálsz!”. Ezt persze jobb elkerülni, ezért már haza sem ment. (Mit is mondhatna vélt szüleinek?) Idegenben vándorolva egy útkeresztezésnél összetűzött Laiosz thébai királlyal, és agyonütötte. Nem tudta, hogy a thébai királlyal áll szemben, de ha tudta volna, sem izgatja. Azután megölte a Thébát sanyargató Szfinxet, így mire Thébába ért, hősként ünnepezték, és megtették eltűnt királyuk utódjának. Egyszerűség kedvéért hozzáadták az özvegy királynét is, aki hozzá kicsit idős volt már, de még csinos. Oidipusz jött-ment volt, nem válogathatott, a királynénak semmi kifogása sem volt, az udvart meg nem kellett megbolygatni. A megjósolt vérfertőzés így menetrend szerint megtörtént. Gondoljuk meg: a herceget csecsemőként pillanatokig látta néhány szolga. Nevét is Korinthoszban kapta. Az egyetlen, aki még gyanakodhatott, hogy nem *egészen* biztos a csecsemő halála, valahol vidéken élt. Ki gondolta volna róla, hogy Iokaszté királyné fia? Persze a bűn megtörtént: ezek után a legkevesebb, hogy Apollón dögvésszel sújtsa a várost, ami meg is lett.

Nos, így vált valóra a jóslat. A konstrukció azért egy fizikusnak nem eléggé kényszerítő erejű, legfeljebb irányt mutathat. De arra jó.

A mai fizikának súlyos nehézségei volnának időutazások vagy hátraküldött üzenetek esetén. Az okot a 6. ábra mutatja. A fizikai hatások - legjobb tudomásunk szerint időben előre terjednek a térben. Tegyük fel, hogy a jövőbeli hatás *valahogyan* visszakerül a múltba. Onnan

azután megint előre terjed. De akkor az A eseménynél pl. az elektromágneses térerőnek két különböző értéke lesz: az ami az „első menetben” fejlődött ki és az, ami a másodikban. E probléma csak akkor nem lép fel, ha a térerő lent az a jelű vonalon épp annyi, mint fent a b jelű vonalon. De honnan tudja ezt előre a térerő? Ha az a jelű alatt volt valamilyen térerő, az a -ig valamivé fejlődik, de általában nem pont olyaná, mint b -ben.



6. ábra. A jövő és múlt összekapcsolódásából eredő zavar

Képünk a téridő egy olyan része, ahol valahogyan a jövőbeli b vonalról a hatások visszakerülnek a múltba a -ra. A hullám terjedő elektromágnesesség: F az eredeti forrás és az A eseménynél szemlélődünk. Mivel A -t a jelek többször is eléri, ott a térerő többértékű akar lenni, ami értelmetlen. A zavar akkor nem lép fel, ha a és b közt a térerő nem változik, vagy legalábbis csak úgy teszi, hogy a -n és b -n minden ugyanolyan legyen. A $b \rightarrow a$ kapcsolat befagyasztja a változásokat

Nos, ezt odatehetjük az előző paradoxon mellé a magát felrobbantó rádióadóval. Az időutazás csak zűrzavart csinál. Vannak, akik ezt annyira komolyan veszik, hogy bizonyos fizikai *elveket* fogalmaznak meg (pl. a később még említendő Koszmikus Cenzúrát), amelyek megakadályozzák az időutazást. Ez esetben persze tachyonok sem létezhetnek (amik nem is hiányoznak senkinek). De az én saját véleményem az, hogy egyszerűen nem tudunk még eleget az ügyben ahhoz, hogy végleges kijelentéseket tegyünk. A paradoxon léte kétségtelen. De lássunk egy ógörög paradoxont Zénóntól, aki azzal azt akarta bizonyítani, hogy a *mozgás* fogalmával súlyos bajok vannak.

Képzeld el, hogy Akhilleusz és egy teknősbéka versenyt fut. Kétségtelenül Akhilleusz győz, a gyorslábú, hiszen félisteni hős (apja Péleusz mürmidón király, anyja Thétisz istennő). De próbáljuk kiszámítani - mondja Zénón - a verseny eredményét, pl. olyan számszerű adatokkal, hogy Akhilleusz sebessége 10 m/s , a teknősé 1 m/s , és a teknős kap 10 m előnyt!

Mire Akhilleusz odaér, ahonnan a teknős indult, az előbbre jutott 1 m -rel. Mire ezt is megteszi Akhilleusz, az előny még mindig 10 cm . És így tovább. Nos - mondja Zénón - végtelen sok lépés után is a teknős van elől, tehát Akhilleusz nem előzheti meg. Viszont máshonnan tudjuk, hogy megelőzi. Itt a paradoxon.

De figyeljünk arra, hogy Zénón nem azt állította, hogy az ilyen verseny tilos. Nem arra következtetett, hogy ha rajthoz állnának, Zeusz atya villámmal sújtaná le őket, hogy megőrizze a világrendet. Ő csak azt mondta, hogy a mozgással baj van. Még ez sem volt igaz. Lássuk csak, mennyit tesz meg Akhilleusz Zénón végtelen sok lépésében: $10 + 1 + 0,1 + 0,01 + \dots$ métert, azaz $11,1111 \dots$ métert, más szóval $100/9$ métert. *Ez véges* távolság, és itt éri utol a teknőst. Utána már ő van elől, és a tapasztalat szerint ez is történik. Csak meg kellett tanulni végtelen sorokat összegezni.

Nehogy félreértessem. *Nem* állítom azt, hogy fel tudom oldani az időutazási paradoxonokat. Vannak bizonyos ötleteim, de még egyet sem ellenőriztem le a fizikában szokásos alapos-sággal, hogy megoldja-e a problémát. Féltő, hogy egyik sem segít majd. Csak azt mondom, hogy paradoxonok léte mindig azt mutatja, hogy valamit nem tudunk, vagy nem értünk, de hogy mi az, azt nem mutatják meg. Nincs elég adatunk ahhoz, hogy a múltba utazást kizárjuk. *Lehet*, hogy *majd* ki kell zárni, de most *feltesszük*, hogy tiltó elv nincs.

Akkor is, a múltba visszahatás nem lehet tömeges és általános. Akkor ugyanis, mint láttuk a 6. ábrán, az alsó és felső kapcsolat közt a változások (csaknem teljesen) megszűnnének, a világ ott befagyna. A világ pedig nem fagyott be, legalábbis itt nálunk nem.

Nos, lássuk a tachyonokat! Fizikáról volna szó, hát most ne töprengjünk; keressük őket! Miről lehetne felismerni őket: arról, hogy félynél gyorsabbak. Tegyük fel, hogy van elektromos töltésük (*valamilyen* töltésük csak illene legyen); a félynél gyorsabb töltések jellegzetes, ún. Cserenkov-fénysugárzást bocsátanak ki. (Hogy honnan tudjuk? Egyrészt az elektrodinamika egyenleteit c -nél gyorsabban mozgó töltésre is meg tudjuk oldani, másrészt *vízben* megelőzheti egy elektron a fényt, és ott látjuk is a sugárzást.) Keressük ezt!

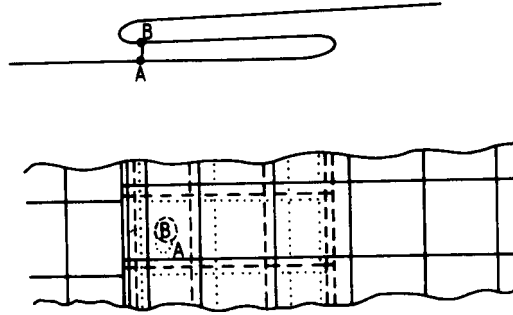
Megpróbálták, eredménytelenül.¹⁶ Próbáltak még néhány módon tachyonokat látni, de nem láttak. Három lehetőség van:

1. tachyonok nincsenek;
2. vannak, de nem hathatnak kölcsön a normális anyaggal;
3. kölcsön is hatnak, de gyengén, és ritkák.

Az első két eset közt számunkra semmi különbség nincs. A harmadik fenntart bizonyos esélyeket, de *most* már egyszer lehetünk szigorúak is. A tachyonok létét az elmélet nem jósolta, csak épp, esetleg, megengedte. Bajokat okozhatnak. Megpróbáltuk észlelni őket, de nem mutatkoztak. A továbbiakban, a kísérlet negatív eredményére támaszkodva, felteszem, hogy nincsenek. Akinek ez nem tetszik, mutasson bármiféle rájuk utaló jelet, akkor visszatérhetünk rájuk.

No de akkor nincs is időutazás ugye? Ahhoz, hogy egy részecskét *visszafordíthassunk* az időben, ahhoz pályáját előbb ki kell hajlítani a fénykúpból (4. ábra), az meg nem megy az elmélet és a gyorsítós kísérletek szerint. Csakhogy: úgy is lehet hátra jutni, hogy mindig előre megyünk. Kolumbusz is Nyugat felé ment Keletre, és csak azért nem érte el, mert közben volt Amerika.

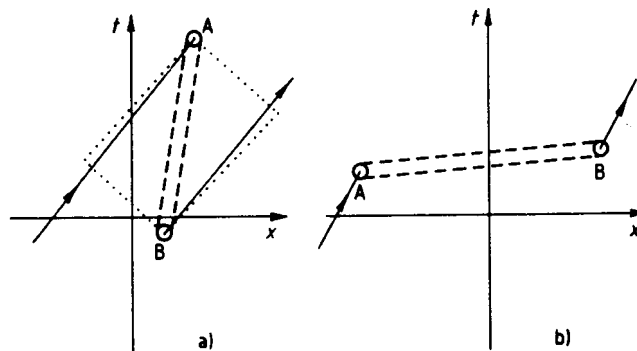
Ehhez a téridőnek nem egyszeresen összefüggőnek kell lennie. Ez egy gyönyörű matematikai szakkifejezés, de jobb, ha aprópénzre váltjuk, a 7. ábra szerint. Vegyünk egy sík felületet, pl. egy milliméterpapírt, és hajtsuk önmaga alá S alakban. A benne élő síklények ezt észre sem veszik, mert rá merőlegesen nem tudnak mozogni, a felület geometriája meg változatlan. (A kockázás nem torzult.) Most vágjunk két lyukat A-nál és B-nél, és oda ragasszunk be egy kis nyelvet vagy csövet! Lett egy hátsólépcsőnk. Az A-nál lévő lyuk környékéről B környékére két úton lehet most eljutni: a hosszabb „rendes” úton, és a rövidebb „lépcsőn”. És ezt meg tudjuk úgy csinálni, hogy a helyi geometria mindenhol sík maradjon.



7. ábra. Hátsólépcső a sík papíron

A papírt torzulás nélkül maga alá hajthatjuk (felül: oldalnézet; alul: felülnézet, a folytonos vonalakat látjuk, a szaggatott a második réteg, a pontozott a harmadik). A-nál és B-nél lyukat vágva és oda egy nyelvet ragasztva A környékéről B környékére vezet egy rövid út. Mivel a papír négyzethálóját a hajtogatástól nem torzul, térképet kiterítve is rajzolhatunk, és ez majdnem mindenütt mérethelyes, de az A és B közötti alagút a látszólagosnál sokkal rövidebb. Helyileg mérve a geometria mindenütt a síklapé.

Na most csináljuk meg ugyanezt a téridőn, azután mivel a görbületlen világban észre sem vesszük a hajlatot - térképkészítés végett „simítsuk ki”. Ez a 8. ábra; csak azt kell lenyelni, hogy az A és B közt szaggatottan rajzolt „hátsólépcső” sokkal rövidebb, mint látszik. Két ábránk azért van, mert a két lyuk lehet térben vagy időben elválasztott, és ez két különböző eset lesz. (Hogy azután a lyukak „kerekek”-e, vagy „hosszúkásak” és merrefelé, az gyakorlati különbség, nem elvi.) Ezek csak a legegyszerűbb rendellenességek; lehetnek pl. vetődések, mikor a papírt valahol felvágjuk, egy részét eldobjuk, és elcsúsztatva ragasztjuk össze (az ilyent a szilárdtest-fizikusok diszlokációnak hívják; ott persze időről szó sincs). De most ez is elég lesz.



8. ábra. Lehetséges (?) alagutak sík téridőn

Az a) esetben az alagút időirányba húzódik. Mivel „hátról” a sík visszatér, időben előre haladva vissza lehet jutni. A pontozott vonalon belül juthat valaki *saját* múltjába, tehát ott várhatóak furcsaságok. A folytonos vonal egy űrhajós, aki az alagúton át látszólag fénysebességnél gyorsabban utazik. A b) esetben az alagút térben fut, időbeli zavarokat nem okoz, de az űrutazást segíti. A téridő helyileg mindenütt sík. Az a) esetnek megfelelő geometria kifejlődésének lehetőségét a specialisták vitatják.

Nos, a 8. ábra a) része szerinti téridő tartományban vissza lehet jutni a múltba, és ugyanakkor lehet gyorsan is közlekedni. Gravitációs gyorsítással hatalmasan felgyorsítunk, csaknem fénysebességgel elrepülünk a későbbi lyukig. Ezalatt az űrhajóban alig múlik az idő, de az induló és célállomáson igen. Csakhogy alul kijöve vissza lehet nyerni az elmúlt időt. A 8. ábra b) része szerint csak űrutazni lehet, de azt még egyszerűbben. Balról odamegyünk az A lyukhoz, bemegyünk, és hipp-hopp már kint is vagyunk 100 fényévvvel odébb B-nél. Ismétlem: ilyen lyukakat és alagutakat úgy is lehet csinálni, hogy az (5) Minkowski-geometria helyileg

mindenhol változatlan maradjon; ekkor laboratóriumban semmit sem látni (hacsak épp ott nincs egy lyuk), csillagászati megfigyelésekben pedig csak akkor látnók, ha a fény véletlenül belemenne, ami ritka, ha kicsi a lyuk.

Lyukak, alagutak és a Másvilág

Szóval tachyonok nélkül is lehet térben és időben szokatlan módon utazni, ha a téridő szerkezete bonyolult. De bonyolult-e?

Egyelőre a leghalványabb fogalmunk sincs. A téridőn lévő lyukaknak *kivételeseknek* illik lenniük, tehát semmiféle esélyünk sincs, hogy laboratóriumban láthassunk ilyen furcsaságokat. A csillagászok, szokásos munkájuk közben, figyelik a távoli égitesteket. Látnak is furcsaságokat, amelyek *esetleg* rendellenes fényterjedéssel függnének össze. Az első épp a kvazárok kidobta anyag „szuperluminális” mozgása (e szép szakkifejezés latinul „fény felettit” jelent), de láttuk, hogy a megfigyelések könnyen értelmezhetők furcsaságok nélkül is. Azután látnak olyant, hogy egy kvazár képe megkettőződik, de ezt jól lehet magyarázni azzal, hogy egy útközben lévő galaxis kétfelé hajlítja a fénysugarakat. Látnak olyant, hogy összetartozónak *látszó* galaxisok fényének vörösetelődése hatalmasan különbözik, *mintha* egyikük utazó fényével valami történt volna. Nem mondhatjuk azt, hogy mindent értünk, amit milliárd fényéves környezetünkben látunk. De még kevésbé mondhatjuk, hogy látnánk valami olyant, amiből alagutakra vagy hátsólépcsőkre kellene következtetnünk. De a csillagászok gyűjtik az adatokat, és fokozatosan feltérképezzük kozmikus környezetünket. Nem kell őket kívülről zaklatni azzal, hogy „a hivatalos tudomány ellenében” foglalkozzanak effélével; a Galaxis csillagainak feltérképezése, vagy az extragalaktikus objektumok keresése a csillagászat tiszteletreméltó része, és ha a kutatók nem tudnák értelmezni az összegyűjtött adatokat, akkor le is vonnák a megfelelő következtetéseket. A ma ismert adatok nem teszik szükségessé, hogy meglepő feltevésekkel éljenek.

No és *hol és mennyi* lyukat várhatunk? Erre itt még nem tudunk válaszolni, mert előbb szólnunk kell arról, mi és hogyan alakítja ki a téridő geometriáját. A régi görögöknek tiszta képük volt a Föld alakjáról és méretéről, szimmetria-meg gondolásokból (láttuk, hogy 2 dimenzióban a gömbfelület a 3 legmagasabb szimmetriájú felület egyike) a csillagászati megfigyelésekből, de geológiájuk és geofizikájuk gyakorlatilag nem volt. Tudták persze, hogy a Föld gömbölyűsége csak *nagyban* igaz, kicsiben vannak rajta hegyek, völgyek. Vannak barlangok is, olyanok is, amelyek azután máshol megint kivezetnek a felszínre. De hogy hánynak kell lennie, azt nem tudhatták. Voltak szerintük olyan lyukak is, melyek levezettek az Alvilágba, ily módon kicsiben és helyileg, de alaposan módosítva a geometriát. Tudtak ilyen lyukakról, egy pl. a Lakóniai-öblöt határoló Tainarón-fok közelében volna;¹⁸ de ez csak leíró tudomány volt. Előbb meg kell érteni a Föld kérgében ható erőket, és azután lehet megjósolni, hány barlang van és mifélek. Ennek kozmikus megfelelője az általános relativitáselmélet.

De előbb még egy ötlet. Volt már szó arról, hogy a tér lehet 3-nál több dimenziójú; mondtuk, hogy ebben semmi lehetetlen sincs, de mintha az extra irányban legalábbis nem tudnánk mozogni. Nem lehet-e, hogy mégis egy heroikus erőfeszítéssel valahogyan fel tudnánk (pontosabban ki tudnánk) emelkedni, és azután már „ott” szabadon szárnyalhatnánk? Nos, fogalmam sincs, hogyan lehetne ezt csinálni, de ez sem segít, ha a téridő geometriája sík.

Tegyük fel, hogy a téridő 5- (öt-)dimenziós. Két lehetőség van: ebből 4 tér és 1 idő, vagy 3 tér és 2 idő. Lássuk előbb a hagyományosabb első ötletet! Ha a geometria sík, (5) csak egyféleképp változtatható meg:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dw^2 - c^2 dt^2. \quad (12)$$

A w koordináta az, amerre mi valamiért nem tudunk mozogni. Gyakori hiedelem, hogy a „hivatalos tudomány” tiltakozik a „negyedik dimenzió” léte ellen. Ezzel szemben 5- (vagy magasabb) dimenziós téridők vizsgálata a fizikusok gyakori tevékenysége. Gyakori elképzelés, hogy az 5. dimenzió léte kapcsolatban állna az elektromágnesességgel: az arrafelé mozgó részecskéket látnánk mi töltöttéknek.¹⁹ Nekem komoly kételyeim vannak, hogy az *elektromágnesességet* okozhatja-e az 5. dimenzió,²⁰ de ez szakmai vita, amibe itt most felesleges belemenni. Ha van 5. dimenzió, akkor *valami* mozoghat arra is, és annak következménye *valamilyen* erő lesz (és akkor a fizikusok előbb-utóbb észre is veszik). Modern részecskefizikai *elméletek* dolgoznak 10, 11 és 26 dimenzióban.²¹

Nos, tegyük fel, hogy (12) írja le a téridő szerkezetét: most $w = 0$ -nál vagyunk, valahogy nagy nehezen felemelkedünk e hipersíkról, és megpróbálunk fönt gyorsabban mozogni. Megy? Nem megy. Ugyanolyan messze kell eljutnunk x -ben, és a távolság nem függ attól, „milyen magasan” vagyunk. Persze a (12) geometria megint csak maximális szimmetriájú: a w irány benne épp olyan, mint a többi, és akkor az sem érthető, miért olyan nehéz arra mozogni. Sík téridőben semerre mozogva sem juthatunk „egy más világba”.

No és az nem lehet, hogy w különböző értékeire a különböző hipersíkokon más-más, de egymáshoz mégis valamelyest hasonló világok vannak? Nem lehet $w = 1000000$ km-nél Lowell és Burroughs lakott Marsa, ahogyan Flint Roy a III. részben említett (általa azért komolyan nem gondolt) ötlete szól?

Bontsuk ketté a választ. Ha az 5. dimenzió létezik, alighanem minden nem pontszerű részecske és minden test valamennyire kiterjed a w irányba is. Az általunk látott világ az „igazinak” $w=0$ metszete, más metszetek más-más képet adnak. Hogy milyent, azt nem tudjuk (még magunkról sem tudjuk, milyenek vagyunk $w \neq 0$ -nál), de alapvető folytonossági megfontolásokból bizonyos, hogy igen közeli (azaz kicsiny) w -knél majdnem a miénket. Ha kicsit meg tudnók változtatni helyzetünket w -ben, kicsit mást látnánk, de csak kicsit. (A gondolat általam ismert legjobb megfogalmazása megint csak egy tudományos-fantasztikus regényben található.²²) Csakhogy tapasztalatunk szerint a fény a w irányban nem terjed, és arra mozogni sem sikerül. Ez egyelőre csak azt bizonyítja, hogy a legegyszerűbb (12) geometria semmi esetre sem igaz. Olyan világmodellt, melyből érthető lenne, mi is van az 5. dimenzióval, máig sem sikerült alkotni. Mint mondtam, dolgoznak rajta; nem a misztikus ötletek kedvéért, hanem mert lehet, hogy a részecskefizika bizonyos problémáihoz kell. A válasz második fele azonban negatív. Semmit sem tudunk, tehát valamilyen w -n épp Lowell Marsa is lehet. De az lehetetlen, hogy a fényterjedés törvényei épp 1960 táján változtak volna gyökeresen meg: azt az optikusok észrevették volna. És az sem valószínű, hogy akkortájt a Mars elmozdult volna w -ben: ez *valahogyan* csak befolyásolta volna x , y , z -ben mozgását, a bolygómozgást pedig nagyon pontosan mérik, és minden kis rendellenességét feljegyzik.

A szomszéd hipersíkok egyébként alkalmasak az időutazás paradoxonjának feloldására: nem a saját múltunk változik meg, mert párhuzamos történelmek vannak.²³ De hogy a paradoxon teljesen eltűnjön, végtelen sok lehetséges történelemmel kell operálni, melyekből minden időutazáskor új indul.²⁴

Na most, röviden még lássuk a másik lehetőséget, mikor 3 térbeli irány van, de 2 időbeli. Akkor a *sík* geometria:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2 - q^2 du^2 \quad (13)$$

ahol u a „második” idő, és q a „második” fénysebesség. Megint a kérdés, miért nem vesszük észre u létét, de ezt megint hagyjuk. Most látszólag meg lehet haladni a fénysebességet, hiszen a relativitáselmélet előírása csak az, hogy a mozgás közben ds^2 negatív legyen. Ez megtörtén-

het úgy, hogy $dt=0$, és u változik. De még mindig két lehetőségünk maradt. Öregszünk-e attól, hogy az u idő múlik, vagy nem?

Ha nem, akkor itt a fizikai lehetőség az „Ugrás”-ra a „hipertéren” keresztül. (A nagybetűs Ugrás a tudományos-fantasztikus regényekben annyira elterjedt ötlet, hogy nehéz nem találkozni vele.) Csakhogy akkor már a *gyakori és tömeges* időutazást sem gátolja semmi. (Ha két idő van, akkor még olyan $ds^2 < 0$ pályákat is lehet csinálni, amelyek végén *mindkettő* kisebb, mint kezdetben. Hasonlóan, ha két entrópia van, a termodinamika második főtétele egyik növekedését sem garantálja.) Mondtam, hogy az időutazásban felismert paradoxonok nem feltétlenül bizonyítják, hogy az időutazás lehetetlen. De azt is mondtam, hogy minden „korábbra jutás” a későbbi állapotot visszajuttatja a múltba, és ezért ahol az ilyen visszajárás általános, ott a világ befagy. A mi környezetünkben nem fagyott be, tehát legalábbis itt tömegesen nem járnak időben vissza sem úrhajók, sem részecskék a múltba. Második idő vagy nem létezik, vagy rendkívül nehéz a „hipertérbe” jutni.

De a (13) geometria amúgy is azt sugallja, hogy u -ban is öregszünk. Nevezetesen, a relativitáselméletben - mint láttuk - a mozgó test „órája” a τ sajátidő szerint jár, és $d\tau = \sqrt{-ds^2}/c$. Ez gond nélkül múlik u -ban utazva is.

Ha u -ban mozogva is öregszünk, akkor nincs hipertéri „Ugrás”. Mindössze annyit nyertünk a két idővel, hogy a GAV pályájának és menetrendjének tervezésekor sokkal több szabadságunk van. Ennek gyakorlati haszna lehet, de ez a jövő időmérnökeinek dolga.

És ha valaki azt kérdezi, miért hiszem, hogy az öregedés τ szerint megy, habár a „hipertéri” biológiát nem ismerjük, azt mondom, először is azért, mert fizikus vagyok. Másodszor, mert nagyon úgy látszik, hogy a biológia folyik a fizika által leírt térben, és nem a fizika alapfeltételeit hozta létre az idő kezdetén valami kozmikus biológia. Ha tévednék, nagyon sokadmagammal teszem.

Ezzel elérkeztünk odáig, ameddig anélkül lehetett, hogy tudnók, mi és *hogyan* alakítja ki a geometriát. Lássuk hát azt is!

Az anyag terének alkotója

Einstein szerint a téridő geometriáját a benne eloszló anyag határozza meg, helyről helyre. (Pontosabban az anyag energiája, impulzusa és feszültségei.) Ez ugyanazon Einstein, akinek idealizmusáról annyit írtak. Végére is, egy fizikus számára kézenfekvő, hogy geometriát csak az szabhat meg, ami ott van. De miért különbözne a geometria a síkétől?

Azért, mert a gravitáció nem erő. *Minden* szabadon eső test teljesen egyforma gyorsulással esik, függetlenül tömegétől, anyagától, az elejtő személyétől és így tovább. Ezt Eötvös 9 tizedesjegyre igazolta.²⁵ Meglepő lenne, hogy testek közötti kölcsönhatás ennyire egyforma eredményt hozzon létre.

De a lényeg nem az, hogy egy erő tud-e minden testet egyformán mozgatni. Newton óta feltevés volt, hogy a gravitációs erő szigorúan arányos a testek tömegével, és akkor tényleg minden testen azonos gyorsulást okoz. A lényeg az, hogy ha minden testnek azonos a gyorsulása, akkor a leírásban gravitációs erőre egyszerűen nincs szükség. A téridő geometriája megadja, mik benne a legegyenesebb vonalak. Ésszerű, Newton általánosítva, azt gondolni, hogy magára hagyott test a lehető legegyenesebb világvonalon mozog a téridőben. A *szabadon* eső test fizikailag a lehető legjobban magára hagyatott. A Föld ugyan ott van alatta, de nem érintkezik vele, és mégiscsak erőltetett lenne a szabadesési mozgást egy olyan elképzelt esettel összehasonlítani, mikor is elvettük onnan a Földet. Mivel minden test egyformán esik, tudunk

olyan geometriát találni, amelyben a szabadon eső test világvonala a lehető legegyszerűsebb. Tegyük ezt: akkor a szabadon eső testek kimérik helyről helyre a geometriát, és akkor azután azt már ismerjük is. Akinek ennél több részlet kell, forduljon az erre vonatkozó bevezető^{11, 26}, vagy részletes²⁷ művekhez.

Én az ötlet lényegét lerajzolni nem tudom. De elmondhatok egy szemléltető kísérletet, bár elvégzéséhez bizonyos eszközök kellene. Feszítsünk ki gumilepedőt egy keretre! Elgurítva rajta egy kis golyót, az egyenesen mozog (és a súrlódást kivéve egyenletesen is). Most tegyünk egy nehéz súlyt a lepedő közepére! Ott lehúzza a rugalmas lepedőt, valami kráterféleség alakul ki. Ezek után gurítva a golyót, az vagy a súlyhoz gurul, vagy legalábbis elhajlik körülötte. Ügyesen gurítva még kering is. Ez csak analógia, de jó. A nagy súly nem vonzza a golyót, hanem módosította a felület geometriáját, amelyen a golyó mozog.

És milyen törvény szerint görbíti az anyag a téridőt? Einstein megalkotott egy gravitációs egyenletet, amelyet számtalan esetben ellenőriztünk. Nagyon erős gravitációra még nem tudtuk ellenőrizni, mert nincs a közelünkben (szerencsére) neutroncsillag, de minden másra igen. Pl. az egyenlet szerint a Nap körül keringő Merkúr ellipszispályájának nagytengelye évszázadonként 43"-et elfordul a térben. Bár a többi bolygó zavaró hatása ennek több mint tízszerese, épp ennyi hiányzott a valódi elfordulás megmagyarázásakor. Vagy pl. sikerült a Nap felé estében elhajló fény pályáját kimérni: az elhajlás (mérési hibán belül) épp annyi, amennyit Einstein elmélete jósol. Minden valószínűség szerint e gravitációs törvény még neutroncsillagokra is jó; mivel van néhány égitest, amely neutroncsillagra gyanús, és, ha távolról is, de megfigyelhető, a kérdés vizsgálat alatt áll, és az idő múlásával egyre biztosabbat fogunk tudni.

Einstein általános *relativitáselméletével* ma még csaknem kizárólag elméleti szakemberek foglalkoznak, habár van már némi kísérlet is, pl. a Föld körül keringő mesterséges holdakra tett műszerekkel lehet mérni relativisztikus hatásokat a gravitációban, vagy lehet próbálkozni gravitációs hullámok felfogásával. De az érthető, hogy ma még nem tudunk elegendően nagy tömegeket elegendően gyorsan hurcolászni. Megfigyelések vannak, csillagászatból.

Nos, az elméletiek egyik munkája az, hogy adott anyageloszlás mellett a gravitációs törvényből meghatározzák az előálló geometriát. Ma még csak az egyszerűbb esetekkel boldogulnak, részint mert kevesen vannak, részint mert a gravitációs törvény matematikailag bonyolult. Ha a társadalom majd szükségét érzi több ilyen eredménynek, több szakembert képez ki és alkalmaz, és akkor lesz több eredmény is. Lássuk most a legegyszerűbb esetet: a térben valahol (a koordináta-rendszer kezdőpontjában) mozdulatlanul ül egy pontszerű M tömeg, rajta kívül a tér üres, és a geometriának sugaras (gömbi) szimmetriája van (ami egyetlen tömegpont esetén kézenfekvő, habár nem kötelező). Ez esetben a gravitációs törvény *egyetlen* geometriát enged meg, melyet most ijesztgetésül ideírok:²⁷

$$ds^2 = (1 - 2m/r)^{-1} dr^2 + r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2) - (1 - 2m/r)c^2 dt^2, \quad (14)$$

ahol r a középponttól mért távolság, ϑ a pólustávolság szöge, φ az azimutuszög, m pedig a tömeggel arányos: $m = GM/c^2$, ahol G a gravitációs állandó, $6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{gs}^2$.

A geometriát nemcsak ijesztgetésül írtuk fel, hanem használjuk is mindjárt (továbbá nemsokára olyan furcsákat mondunk felőle, hogy a gyanakvó olvasó még azt hihetné, csak a levegőbe beszélünk; így legalább látja, ha be akarnók csapni, lehetne egyszerűbben is). Ha $m = 0$, a (14) geometria a sík Minkowski-féle egyszerűsödik (ami nem csoda, mert akkor nincs ott tömeg). Ez azonban azt jelenti, hogy a téridő majdnem sík, ha r nagyon nagy m -hez képest, és csak ott lesz határozottan nem sík, ahol r közeledik m -hez. Ismervén a Nap tömegét, amely $1,99 \cdot 10^{33} \text{ g}$, órá m kb. 1,5 km. Ha tehát valaki egy átlagszillag tömegét néhány km-es(!) gömbbe préselné össze, ott nagyon görbült volna a téridő. Nos, kihült és ezért összeomlott csillagok anyagát a

gravitáció ekkorára préseli össze: ezek a *neutroncsillagok*.²⁸ Ha a Nap tömegét sikerülne 3 km alá összenyomni, valami nagyon furcsa történe. (14) szerint ott dr^2 együttthatója már pozitív, tehát ahhoz, hogy ds^2 negatív legyen (megengedett mozgás) az r távolságnak muszáj változnia. Részletes vizsgálatok szerint ott *minden* befelé zuhan, és a fény sem jön ki onnét.

Gödör és lyuk

Hogy ezt ki-ki elhiszi-e, az az ő dolga. Azt, hogy ilyen helyekről a fény sem tud kijönni, már Laplace megmondta a XVIII. sz. legvégén (és képlete pontosan $r=2m$ volt), de most a kijelentés súlyosabb, mert a fény a leggyorsabb hatás, tehát $2m$ alól *semmi* sem jön ki. Az eredményt a rendelkezésünkre álló legmegbízhatóbb gravitációs törvényből kaptuk, és ennél jobbat nem tudunk. Fizikusok közt kevés a kétely, hogy ha égitestek anyagát sikerülne ilyen kicsire összehúzni, akkor tényleg kialakul e nagyon furcsa térrész. Előfordult ugyan, hogy filozófus megpróbálta ezt filozófiai alapon kétségbe vonni,²⁹ de hát ez már megint az I. részben említett probléma. A természet törvényeit csak a természet vizsgálatából lehet kitalálni. Persze, ha egy törvény nagyon furcsa (vagy pláne paradox) eredményeket ad, akkor nem árt a törvényt még egyszer ellenőrizni. De a törvény van (vagy nincs); nem alku tárgya.

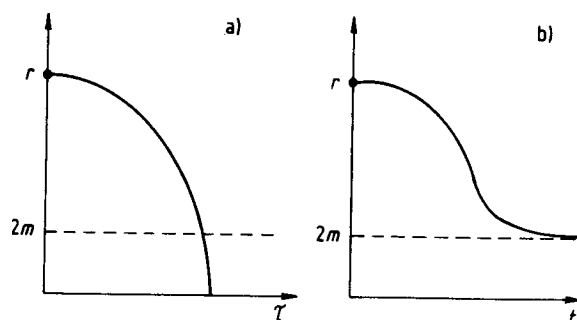
A filozófust azért zavarta a „bezárulás”, mert úgy érezte, hogy sérti az elvet, amely szerint a mozgás az anyag elválaszthatatlan sajátja. De - látszólag - van még nagyobb baj is. Képzeljünk el, hogy ennyire összeomlott egy csillag (ténylegesen *ponttá*, mert láttuk, hogy anyaga $2m$ alatt sehol sem állhat meg); ott van egy „nyelő”. Beejtünk egy követ (vagy egy zseblámpát), és figyeljük. Mit várunk?

Azt, hogy gyorsulva esik. Meghatározva a legegyszerűsebb vonalakat a (14) geometriában, sajátidőben szépen ki is adódik pont ugyanazon esési törvény, mint Newtonnál. De mikor $2m$ alá kerül, végleg eltűnik! (Mivelhogy onnan már *semmi* ki nem jön.) Mi van az anyag megmaradásának törvényével? Azt ugyan bárki állíthatja, hogy még ott van, de mit jelent valami olyannak a létezése, amit soha semmilyen módon sem észlelhetünk?

Nos, a modern fizikában nem árt kissé óvatosnak lenni: mit jelent az *anyag* megmaradása? Az anyagnak vannak megmaradó és változó adatai. De legjobb tudomásunk szerint az *elektromos töltés* megmarad; tegyük töltést zseblámpákra, és akkor az nem illene, hogy eltűnjön.

Nem is teszi. És ha ez meglepő a fentebb mondottak után, a 9. ábra szemlélteti. A valóság még meglepőbb. Az a) ábra mutatja, hogyan változik az eső test r távolsága a sajátidőben (amit a rátett óra mér). Semmi furcsa. De leírhatjuk az esést a t időben is (amit a kívül álló, épp elmellőzött óra mutat). Ez a b) ábra. A test az $r=2m$ *horizonthoz* (látóhatárhoz) közeledve fokozatosan megáll, és *soha* nem jut be.

Bejut vagy nem? Melyik állítás az igaz? Mindkettő! A beeső test a horizontot $t = \infty$ -ben éri el, tehát egyetlen kívül maradó megfigyelő sem láthatja soha bejutni. A vele esők viszont igen. Az, hogy bejut-e *majd*, attól függ, mit jelent a „majd”, vagy a jövő idő.



9. ábra. Fekete lyukba eső űrhajó pályája: a) saját órája, b) a külső megfigyelő órája szerint

A szaggatott vonal a horizont. Az űrhajós tapasztalata szerint véges idő alatt eléri a középpontot (ahol gömbszimmetrikus lyukban az árapály széttépi). Viszont a kívül álló megfigyelő órája végtelen időt mutatna a horizont elérésekor. A jelenség oka az időmérés függése a helyi geometriától és a sebességtől.

A furcsaság oka a relativisztikus időlassulás, mely $r=2m$ -nél *végtelen* nagy. A paradoxon elmúlt: a kívül maradók számára a töltött zseblámpa soha sem tűnik el (habár egyre infravörösebb); a befelé esők számára szintén nem. Ha a kívül maradó időnként azt hiszi, hogy befelé esik, akkor lehetetlen eredményekre jut, de annak, hogy milyen módokon lehet tévhitekbe esni, nem sok köze van a fizikához. Vegyük észre, hogy e paradoxon a Zénóéhoz hasonlóan oldódott fel: egyszerűen még végtelen sok t sem fedi le az eső test teljes történetét. Hogy bonyolítsuk az ügyet, ha a külső megfigyelő nem nézi a beeső töltött zseblámpát, hanem radarral figyeli, egy idő múlva teljesen eltűnik az a radarernyőről. (A beeső lámpát a beeső fény a horizonton belül éri utol, és onnan már hiába verődik vissza.) De ez már nem elvi kérdés: nem ismerek olyan általános elvet, amely szerint anyag nem tűnhet el radarernyőkről.

Fentiek szerint a ponttömeg minden ráesőt elnyel (sajátidőben), és onnan semmi sem jön ki. Tehát *lyuk* és *fekete*. Egyéb görbületek csak *gödörök*: az anyagot vonzzák, de azt azért onnan ki lehet szedni.

Nos: az anyag létrehozott egy lyukat a téridőn. Erre vártunk. Megtörténik-e ez, és átvezet-e egy alagúton valahová máshová? Igen és nem. A lyuk kialakul. Ehhez a Nap tömege ugyan nem elég, ha majd a Nap, 5,5 milliárd év múlva, kihűl, összehúzódása fehér törpeként megáll. De néhányszor nagyobb tömeg már elég.²⁵ (Hogy pontosan mekkora, az nagyon sok mindentől függ, pl. a magerők még ismeretlen részleteitől is.) Ekkora csillagok ritkák, de vannak; általános vélemény szerint a kiegészítő csillag tömegétől függ, hogy a szupernóva-kitörés végén neutroncsillag vagy fekete lyuk marad-e vissza.

De, sajnos, a lyuk a teljes pusztulásba vezet. Közepén ott a pontszerű tömeg, és minden egyre közelebb jut hozzá. Ennek során pedig egyre erősebb árapályjelenség lép fel: a test különböző részei, különböző távolságra lévén más-más pályán akarnának mozogni, és ez széttépi a testet. Bármilyen szilárd is, a középpontot egyre jobban megközelítve valahol minden szétszakad és elpusztul. A lyukaknak nincs kijárat. (A mindennapi életben a kijárat nélküli lyuk mindig gödör. Most láttunk ellenpéldát. Íme, egy lejárát az Alvilágba.)

Bizonyos kvantumelméleti számítások szerint az ilyen lyuk is sugárzással eltűnik, csillagnyi tömeg esetén 10^{63} év(!) alatt. Akkor szigorúan véve ez is csak gödör lenne. De ez egyrészt finomkodás, másrészt még bizonytalanság van abban, hogyan kell használni a kvantumelméletet görbült téridőben. Egyébként nem gazdaságos most alakzatokat aszerint megkülönböztetni, mi lesz velük 10^{63} év után.

Forgó lyukakon át ... hová?

Így nem sikerült alagutat csinálni. De ne csüggedjünk. Van a relativitáselméletben jobb lyuk is, de annak már fel sem írom a geometriai képletét. Ez az ún. Kerr-megoldás. Időben nem változó, forgásszimmetrikus geometria. Van neki M tömege, amiből megint megcsinálhatjuk m -et, és van J perdülete, amiből csinálhatunk egy másik hosszát: $a=J/Mc$. Két eset van, vagy az a nagyobb, vagy m . A második esetben a geometria fekete lyuk, de az elsőben nem.

Ez nem meglepő. Ha m a nagyobb, a tömeg dominál a forgás felett, ha a nagyobb, a forgás a tömeg felett. Ha most azt keressük, hol a tömeg, azt kell mondanunk, hogy ott, ahol a téridő a leggörbültebb. Nos, most a görbület *végtelen* nagy egy a sugarú karikán. Remek: egy forgó csillag omlott össze, és a „röpítőerő” (ami megint csak nem erő) ide kente az összehúzó anyagot. Ha pontosan megcélazzuk a karika közepét, nem ütközünk a karikába, nem lép fel végtelen nagy árapályhatás, és átjuthatunk. Jó ez nekünk valamire?

Először intézzük el az $a > m$ esetet, amikor a geometria nem fekete lyuk. Van valahol egy forgó karika: ha a karikához nagyon közel megyünk, széttép, ha nem, nem. Van itt valami izgalmas? Van bizony, habár ezt az olvasó most egyszerűen el kell higgye, mert képletet nem adtam. Kevéssel a gyűrű síkján *belül* (hogy a „belül” itt mit jelent, arra mindjárt kitérünk) a geometria olyanná válik, hogy a test mozgása közben ds^2 még úgy is tud negatív lenni, hogy sem r , sem ϑ , sem t (!) nem változik, csak φ . De φ -ben 360° -ot körbejárva ugyanoda jutunk, tehát az úrhajós *egyszerre* jelen lehet egy egész kör minden pontjában, és önmagával találkozhat! Ez ocsmányságnak tűnik. Kicsit még beljebb már visszafelé is lehet menni időben: itt az időutazás.

Nos, ez sokaknak nem tetszik. (Nekem sem.) Ráadásul senki sem bizonyította, hogy ez lenne az egyetlen lehetséges geometria, amelyet M tömegű és J perdületű forrás hoz létre. Hátha ez a gravitációs egyenletek egy „hamis” megoldása: olyan geometria, amely a tényleges összeomlási folyamatban soha sem alakul ki (habár hogy miért nem, azt csak akkor tudjuk meg, ha számítással az egész folyamatot végig tudjuk követni). Minden további nélkül meglehet. És akik ezt hiszik, azok egy *elvet* próbáltak megfogalmazni. Ez a Kozmikus Cenzúra elve: „A természetben nincsenek meztelen szingularitások.” (A szingularitás a végtelen görbület, ami itt a karikán van, és akkor meztelen, ha nem fedi el az illedelmesen a külvilág elől egy fény által át nem járható horizont.) Ha a Kozmikus Cenzor működik a természetben, akkor e zavaró forgó karika nem fejlődik ki, az úrhajós nem találkozik magával, és nem utazik a múltba. (A Kozmikus Cenzor nevet angolszász fizikusok találták ki, és a brit királyi cenzor a filmeket és színdarabokat cenzúrázza oly módon, hogy a nyíltszíni meztelenkedést gátolja meg.)

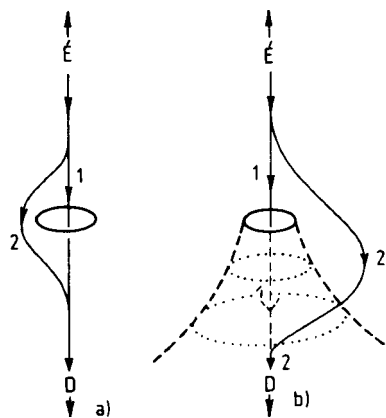
Remek, rend és tisztesség van. Na most nézzük meg a kis perdületű Kerr-megoldást (az $a < m$ esetet). Azt horizont veszi körül (két rétegben), a Kozmikus Cenzornak nincs dolga vele. Azért nézzük meg, milyen fekete lyuk. Aki nem akarja elhinni, ami most jön, annak adhatok eredeti forrást, de ha nem fizikus, sok haszna nem lesz belőle. Néhány dolgot megpróbálok rajzzal illusztrálni, de euklideszi síkon szinte lehetetlen hűen ábrázolni egy ilyen görbült geometriát.

A gömb alakú (Schwarzschild) fekete lyuknál megtanultuk, hogy a horizonton befelé át lehet esni (csak a kívül maradók ezt nem látják). Ott ez öngyilkosság volt, de most ha pontosan középre célzunk, nem jutunk nagyon közel a végtelen görbülethez, tehát az árapályhatás véges marad. Ülünk úrhajóba, célozzuk meg a (nem látszó) gyűrű közepét, és induljunk meg. Először elég nagy kezdősebességgel. Amit várunk, az az, hogy átjutunk a horizontokon, r egyre csökken, azután elérjük a középpontot. Addig r csökken és a ϑ pólustávolság 0° , utána kibukkanunk a gyűrű túloldalán, mivel a túlsó póluson emelkedünk, tehát r nő és $\vartheta = 180^\circ$. Ez

történik minden szokásos gyűrűn való áthaladáskor, lásd a 10. ábra a) részét. Hogy azután mi lesz az emelkedés vége, azt ki kell számítani.

Ezzel szemben az történik, hogy - mivel $r=0$ -nál, a középpontban semmi sem történik - r tovább *csökken*, miközben $\vartheta = 0^\circ$ marad. Nem a gyűrű túlfelére jutottunk, a „déli” pólushoz, hanem megyünk a gyűrű *belsejébe*. E szót használtuk az előbb. Hogy ezt hogyan rajzoljam le, azt még egy grafikusművésztől sem kérdezhetem meg; erőfeszitésem eredménye a 10. ábra b) része. Megyünk tovább; r már negatív, és csökken tovább, ahogyan szállunk tovább befelé, még mindig az északi pólus alatt. Mi lesz ebből, és hová jutottunk?

Alighanem a Másvilágba. Ugyanis a horizontok ugyan körülveszik a gyűrűt, de persze a külsején, nem a belsején. Ezért r negatív értékeinél bármilyen messze eljuthatunk akadály nélkül. És amikor r már nagyon nagy *negatív* érték, a geometria megint hasonlóná kezd válni (14)-hez.



10. ábra. Mozgás közönséges karika (a) és Kerr-karika (b) táján
 Közönséges karikán átmehetünk és meg is kerülhetjük, mégis ugyanoda jutunk. Kerr-karika esetén, melyet a karikára összeomlott forgó anyag görbít ki a téridőben (?), az északi pólusból csak a karikát megkerülve jutunk a délre (2. útvonal); a gyűrűn át (1. útvonal) tovább szállunk lefelé, és egy „más világba” jutunk *belül*. A számítások szerint ott is végtelenig utazhatunk, de onnan nézve a lyuk *fehér* (taszít). Nem tudjuk, hogy ilyen geometriát tényleg létre tud-e hozni az összeomló anyag, de a geometria a gravitációs törvénynek megfelel.

De m/r negatív: ez épp olyan, mint mikor r pozitív, de m negatív. Visszanézünk, és egy *taszító* tömeget látunk! Ez egy *fehér lyuk*: nem nyel, hanem taszít. Ilyent mi, itt ahol vagyunk, nem látunk.

Hacsak a fénylő kvazárok nem fehér lyukak; de valószínűleg nem,¹² és még a legközelebbi is 2 milliárd évre van. Amit szerencsés utazásunk végén látunk, az egészen más, mint ahonnan elindultunk. Itt az első olyan lyuk, mely tulajdonképpen alagút. Hogy hová vezet, azt még vizsgálni kell.

A Kerr-lyuk talán *mindenhová* vezet. Bizonyos kezdősebességű mozgásnál a forgás (már a gyűrűn belülről) visszadobja az űrhajót, és az belülről átjut a horizonton. (Hogy ilyen hogyan történhet meg, ahhoz most néhány új fejezet kellene, aminek nem lenne hosszadalmasságával összemérhető haszna. A tisztelt olvasónak azt mondhatom, amit egy hitvita egyik résztvevője mondott a másiknak a vitatott teológiai pontról: ha már az eddigieket elfogadta, azt is elfogadhatta volna éppúgy. Egyébként Kaufmann műve¹³ e furcsaságot ábrákon mutatja be.) Szóval az űrhajó kijut az északi pólusnál a horizonton, és pozitív r -eknél emelkedik. Csakhogy hamarabb jut ki, mint ahogyan bement.

Ez megint időutazás. Vagy elhisszük, és bízunk abban, hogy a paradoxonokat később a tudomány majd megoldja, vagy azt kell mondanunk, hogy nem odajutott ki, ahonnan bement. De ugyanolyan magasan van. Nos, tegyük fel (tegyük?), hogy a Világ több példányban létezik, az egyikből ment be, és a másikba jött ki. No de akkor végtelen sok világ kell, mert ha csak kettő volna, megismételhetnők az utazást: be a másodikból, aki az elsőbe, hamarabb, mint az első bemenetkor.

Nos, mit higgyünk? Esetleg a Kerr-lyuk az, amely a magasabb dimenziós tér végtelen sok hiperfelületét összeköti? Vagy, ha ez túlzásnak tűnik, higgyük inkább el az időutazást? Vagy egyiket sem, és eresszük rá a Kozmikus Cenzort? Ez volna a legóvatosabb eljárás. Csakhogy a cenzor nem illetékes, ha a meztelenkedés zártkörű, és itt van horizont. Más szóval, az elvet ki kellene terjeszteni. Nosza. De akkor baj lesz. Ugyanis bizonyították, hogy a kis perdületű Kerr-megoldás az egyetlen (töltetlen stb.) reguláris horizontú fekete lyuk megoldás. (A „reguláris” szó itt azt jelenti, hogy a többi még rosszabb.) Ha ezt kizárjuk, akkor féltő, hogy a forgó csillag összeomlásához nem marad végállapot, ami viszont nem lehet. Ez egy máig élő dilemma.

Én nem tudom a megoldást (pedig magam is dolgozom ilyen területen). Nem azért mondtam el, hogy az olvasó találja ki a választ. Előbb-utóbb a specialisták valahogyan megválaszolják a kérdést. Lehet pl. hogy a rendkívül sűrű forgó anyag gravitációs hatása addig fűrja a téridő-kontinuumot, amíg valahol messzebb is kilyukasztja, és így többszörözi meg a kijáratot. (Ez legalább méltóságteljesen hangzik.) Csak azt mondom: íme, a gyorsan mozgó sűrű anyag elő tudhat állítani ahhoz hasonló hátsólépcsőket, mint amelyekről fantáziáltunk.

Hol?

Hol lehetnek effélék világunkban? Összeomlásra képes tömegű csillag van elég Galaxisunkban: saját nagyon durva becslésem szerint úgy 50 fényévenként létezhet egy lyuk. A csillagok (ilyen tömegeknél) vagy 2/3-ának perdülete dominál tömege felett, 1/3-ának fordítva (ma, az összeomlás előtt; hogy mennyi anyag meg perdület repül közben le...?). Szóval még a legközelebbit nagy nehezen el is érhetjük, és elugorhatnánk messze, vagy időben vissza. Lehet, hogy így kell úrhajózni a Galaxisban?

Kétlem. Egy néhányszoros naptömegű csillagból összeomlott fekete lyuk közepén áthaladva egy méteres test két szélé közt a *relatív* gyorsulás kb. 100 millió *g*, amely az úrhajóst elpusztítja. (Saját számításom, és inkább nem részletezném a levezetést.) Néhány *g*-ig 10000 naptömegnél megy le (a tömeg növekedésével a lyuk egyre nagyobb és azért csökken az árapály); ekkora csillag nincs. Akkor összeomlott gömbhalmaz jöhet szóba, vagy (sejtett?) óriás lyuk a Galaxis közepén. De ezek eléréséhez évezredek kellene, és hogyan élünk meg addig?

Vasútépítés

Szóval a természet nem kínál nekünk kényelmes közelségben lyukakat. Nem *egészen* lehetetlen, hogy ilyenek kezdettől fogva vannak a galaxisokban: a galaxishalmazokat összetartó gravitációhoz kellő tömeg 90%-át nem látjuk; aminek számos oka lehet, de ha valaki abban akar hinni, hogy a korai sűrű forró Univerzumban voltak lyukak, alagutak stb., és az anyag ezekre rakódott ki, én ugyan nem hiszem, de megcáfolni sem tudom. Mégis, erre sem *számít-hatunk*. Extra dimenziók állítólag vannak, és nagyon görbültek, tehát esetleg arrafelé mégis-csak lehetne rövidíteni, csakhogy olyan irányba a tér zárt és nagyon kicsiny (10^{-13} cm? 10^{-33} cm?), így úrhajónk be sem fér. Marad a GAV építése.

Az azonban lehetséges lesz, ha (mikor?) már galaktikus méretekben tudunk anyagot áthelyezni. Az anyag kialakította geometriában a kis távolság egyszerűen azt jelenti, hogy az A pontból B-be könnyű átjutni, mert a gravitáció segít. Sűrű anyag átcsoportosításával ez elvben megoldható; hogy azután erre mi ezer, millió vagy milliárd év múlva leszünk képesek, vagy akkor sem, azt nem tudhatom. Bolygóink összekötéséhez nagyon irányfüggő geometriát kellene kialakítani, amelyben a bolygók közt keskeny csövekben kicsiny a távolság, máshol nagy. Ez volna a Galaktikus Vasutak. (Hogy azután ennél nem volna-e könnyebb összeterelni a lakható bolygójú csillagokat egy mesterséges gömbhalmazba, azt mai technikai tudásunkkal úgysem mérvadó kiszámítani.)

Ma a relativitáselmélet szakértői el tudják képzelni, hogyan lehetne ilyent megtervezni, és nagyon egyszerű eseteket ki tudnának számítani, ha erre szükség lenne. Ez ugyan alighanem nem több, mint ahogyan az egyiptomi pallér el tudott képzelni egy modern vasúti alagutat, de ez is szép, és minden kezdet nehéz. Amikorra a csillagközi méretűre nőtt civilizáció igényli, képesek leszünk a terveket elkészíteni.

A geometria változtatása persze legfeljebb fénysebességgel futhat végig, így a „vasútépítés” hosszabb ideig tart majd, mint a puszta űrhajózás. De azután ... Végére is, a germán őserdők lakói is mulathattak először a római útépítésen. Ha évente egyszer megyünk valahová, egyszerűbb a bozótot irtani magunk előtt, ha naponta, inkább bajlódjunk többet *egyszer*.

És ha mégsem?

De ha a GAV sohasem valósul meg, akkor is van tanulság: a téridő nem olyan egyszerű dolog, mint ahogyan felületesen gondolnók.

V. Igazság? Elmélet? Tanulság?

Elmondtam mindazt, amit el akartam, ahhoz, hogy levonhassuk következtetéseinket a tárgyalt kérdésekben. De előbb - már csak példaként is - térjünk vissza a dogonok ügyéhez. A továbbiakban - mivel magam történész nem vagyok, tehát Temple-t szaktekintélynek kell elismernem - bizonyítottnak veszem, hogy a feldolgozott dogon-mítoszok valóban tanúskodnak a nép olyan csillagászati ismereteiről, mint a Jupiter 4 nagy holdja, a Szaturnusz gyűrűje, a Szíriusz B léte, 50 éves keringési ideje és nagy sűrűsége.

A kérdés számomra, azaz egy természettudós számára az, hogy mire lehet menni e ténnyel. Milyen következtetést lehet belőle levonni, mit bizonyít.

Az olvasó mondhatja, hogy őt nem ez érdekli, hanem az igazság. Például jöjjön a „tudomány”, és mondja meg ebből, jártak-e idegen űrhajósok a dogonoknál. Érdekes kérdés, izgalmas kérdés. Kit ne érdekelne? Csakhogy az adatok e kérdés megválaszolását nem teszik lehetővé.

Félreértések elkerülése végett: hiszek abban, hogy a múlt eseményei valóban megtörténtek, és csak egyféleképpen. A történettudomány e *valódi* múltat kell egyre jobban kiderítse. Amennyire tudom, a (természet)tudósok nagy többsége hisz az objektív külvilágban; a kivétel néhány az átlagnál ravaszabb és néhány az átlagnál provokatívabb ember. Ha pedig a dolgok tőlünk függetlenül léteznek, akkor ki is lehet deríteni, milyenek, és csak egyfélék.

Csakhogy e hit nem jelenti ama hitet, hogy egy tény kérdésében a keresett „igazság” biztosan és végérvényesen megállapítható, különösen nem korlátozott számú adatból. A természettudomány *feltesz* valami(ke)t, azután e feltevés(ek)ből mindenféle következtetéseket vezet le, és a feltevés(eke)t mindaddig helyesnek (vagy inkább *jónak*) tekinti, amíg a belőlük levont következtetések összhangban vannak a tényekkel. Ha két elmélet *ugyanazon* megfigyelhető következményekhez vezet, és azok a tapasztalatnak megfelelnek, akkor nem mondhatunk mást, mint hogy egyiket sem zárhatjuk ki. Ha ennél többet akarunk mondani, akkor a megszokottabb, vagy pláne az egyszerűbb elméletet tartjuk jónak. Szigorúan véve elméletet csak cáfolni lehet: ha következtetései ellentétesek a tapasztalattal. Ez pedig azért van így, mert egyikünk sincs az „igazsággal” közvetlen kapcsolatban. Vagy ahogy, csak egy hajszálnyira karikírozva, egy jeles magyar gondolkodó mondja:¹ „Aki igazságot akar, az menjen a törvényszékre... Az egész tudomány elmélet-mankókon jár... Az, hogy ez a csillag így mozog, az az alma úgy esik, az nem igazság, hanem elmélet, amelyet egy sereg esetre megbízhatóan és egyszerűen lehet alkalmazni. De ha majd adódnak olyan esetek, amelyeket a meglévő elméletekkel nem lehet megmagyarázni, akkor egyszerűen új elméletet kell keresnünk, mint ahogyan új nadrágot veszünk, ha a régi már elszakadt!”

Aki ezzel elégedetlen, az gondolkozzon el egy példán. Tekintsük számok egy sorozatát, pl.

$$1, 4, 9, 16, \dots$$

ahol a ... azt jelzi, hogy a sorozatnak vannak még tagjai, de azokat nem ismerjük. Mi a sorozat szabálya? Mindenki egyből mondaná:

$$a_n = n^2. \quad (1)$$

Csakhogy nem ez az egyetlen lehetőség. Ugyanilyen jó:

$$a_n = n^4 - 10n^3 + 36n^2 - 50n + 24. \quad (2)$$

Ez persze sokkal bonyolultabb; mindaddig, amíg a sorozat 5. tagját nem ismerjük, mazochista az, aki (2)-t választja (1) helyett. De ha megismerjük az 5. tagot is, 3 lehetőség van.

1. Ha $a_5 = 25$, ez az (1) képlettel összevág, de a (2)-vel nem. (2)-t megcáfolta a tapasztalat, (1) még lehetséges.
2. Ha $a_5 = 49$, (2) lehetséges, de (1) már nem.
3. Ha a_5 valami más, akkor egyik képlet sem lehet igaz, és kereshetünk újabb képleteket.

Ha pedig egy ilyen egyszerű és átlátható esetben sem juthatunk teljes biztonságra, akkor ne lepődjünk meg azon, hogy fizikai és csillagászati elméletek körül mindenféle vita van. Természetesen, ha egyre tovább menve a sorozatban, még mindig és mindig helyesnek látszik $a_n = n^2$, akkor valamilyen értelemben egyre valószínűbb, hogy ez a helyes képlet. De hogy mikor mondjuk azt, hogy most már megelégedtünk a bizonyítással, az ízlés és egyéni hozzáállás kérdése.

Na most vissza a dogonok ügyéhez. Azon egyetlen adatból, hogy a dogonoknak a tőlünk elvárhatónál több a csillagászati ismeretük, egyetlen további következtetésre sem juthatunk ezen ismeretek *okára* nézve. E többletet ugyanis több ok is magyarázhatja. Herrmann véleménye (mellyel magam is szimpatizálok) az, hogy a dogonok ismereteiket *tőlünk* szerezték. Nevezetesen, adatok vannak csillagászati tárgyú kíváncsiságukra; tudunk egy Dogonföld táján járt 1893-as csillagászati expedícióról, melyet bennszülöttek alaposan kikérdeztek. Ez már minden fentebb említett ismeretet megmagyaráz, a Szíriusz B sűrűségét kivéve, mely 1915-ben vált nálunk ismertté. Vagyis a magyarázathoz már csak azt kell feltennünk, hogy a Francia Nyugat-Afrika részét képező Dogonföldet 1915 és 1935 közt egyetlen csillagászatilag kompetens utazó megjárta; ilyenről én nem tudok, de ki mondhatná, hogy ilyen nem volt?

Fentiek miatt a dogonok említett csillagászati ismeretei magukban nem *bizonyítják* a földönkívüliek látogatását, sőt nem is *valószínűsítik*. Ehhez ugyanis a másik, épp most elmondott lehetőséget ki kell előbb zárni, vagy legalábbis valószínűtlenné kell tenni. Hogy ezt meg lehet-e tenni, az rám nem tartozik. *Talán* meg lehetne ezt tenni mítoszkatatók és francia levéltárosok együttműködésével; nem tudom. De ilyen érvek nélkül tudományos módszerrel nem lehet a földönkívüli eredetet igazolni.

De azért e lehetőség kétségtelenül fennáll. Egyetlen ismert fizikai törvény, társadalmi ismeret sem szól az ellen, hogy ha valamelyik *közeli* csillag körül egy a miénkénél lényegesen fejlettebb civilizáció él, az hozzánk sikeres felderítőket küldhessen és akarjon küldeni. A két legközelebbi csillag, melynek bolygóin számottevő esélye van élet kifejlődésének, és - nem elhanyagolható - az értelemének, az ϵ -Eridani (K2 szín-kép, 11 fényév) és a τ -Ceti (G8, 12 fényév). Láttuk, hogy ekkora út 29 év alatt oda-vissza bejárható, és ezalatt az utas 14 évet öregszik. Ilyen időigényes felderítőút még elképzelhető; távolabbiban én nem tudnék hinni. A mítoszokhoz jobb volna a Szíriusz A (A1, 9 fényév), de az ilyen csillagok a Napnál jóval rövidebb életűek. Egy terjeszkedő csillagközi civilizáció azonban (mondjuk 30000 éve) megtelepedhetett a Szíriusz egy bolygóján (ha van neki).

Ezzel az ügyet le lehet zárni. Nem tudok olyan érvről, amivel egy fizikus választhatna az elmondott lehetőségekhez képest; ha egy *mítoszkatató* bármilyen megfontolásból olyan elméletet fogalmaz meg, miszerint a dogon hitvilág egy része a τ -Ceti rendszeréből származik, én nem tudom megcáfolni. Mivel pedig bizonyos körülmények egyelőre teljesen ismeretlenek, felelősséggel nem tudok valószínűségeket sem számolni. Így azt sem tudom eldönteni, melyik feltevésnek adjak nagyobb esélyt. (*Hinni* inkább a földi eredetben hinnék, mert olyan kölcsönzésre sok példát ismerünk.)

Mármost én fizikus vagyok. A számomra érdekes témákban a dogon mítoszoknak az alábbi hatása volna. Ha földi eredetűek: semmi. Ha földönkívüliek: a néhány tucat közeli csillag közül legalább egy körül van értelmes, nálunk technikailag fejlettebb élet. Ez mai tudásunk

szerint lehetséges, még csak nem is meglepő, de eddigi tudásunkkal nem volnánk képesek felelősséggel kiszámítani, várható-e ilyen közel értelem. Mindegy: a közeli értelem léte fontos tudományos adat volna. Csakhogy, ismétlem, amíg a földi eredetet ki nem zártuk, nem tudunk földönkívüli életre következtetni. Úgyhogy a dolgok jelenlegi állása szerint az adat csillagász vagy fizikus számára *haszontalan. Magánemberként*, ráérő időmben, nagyon szívesen vitatkoznék ilyen lehetőségeken. De természettudományos célra nem tudnám felhasználni.

Kár, mert ahhoz, hogy odamenjünk és megnézzük, esetleg még évezredek kellenek. És épp ezért, az emberiség ismereteit gyarapítandó, az ilyen ügyeket meg kell vizsgálni, annyira, amennyire komolyan vehetőek. Hogy mennyire azok, azt ne csillagásztól vagy fizikustól kérdezzék. Mi csak annyit tudunk mondani, honnan nem várható látogató. A többi, amíg következtetéseikkel kész nincsenek, a mitológusokra tartozik, és egyszerűen el nem tudom képzelni, milyen érvvel, hogyan, és milyen alapon szólhatnék én ebbe bele.

És mi lesz, ha valakik leszálnak, és azt közlik, hogy a Tejútrendszer másik végéről jöttek? Nos, én először azt tenném fel, hogy valamiért hazudnak. Jól ki kellene őket kérdezni, ha hagyják. Ha a történet igaznak látszana, akkor meg kellene tudni, meddig élnek. Ha millió évig, értjük, hogyan jöhettek ide, de nem értjük, hogyan fejlődhettek ki. Akkor a biológusok tanulnának valami alapvetően újat és meglepőt. Ha száz évig, akkor meg kellene kérdezni, hogyan értek ide. Kiderülhetne, hogy a közelünkben van egy alagút szája: ezt nem árt tudni. De kiderülhetne esetleg az is, hogy fogalmaink a téridőről alapjában hiányosak: mondjuk ki lehet belőle lépni, és máshol vissza. Ekkor mégiscsak lehetővé válna az „Ugrás”, és kijuthatnánk a „csillagokba”.

Aki azt hiszi, hogy a fizikusok szándékosan elszalasztanák egy ilyen felfedezés lehetőségét, és *tudván*, hogy valaki már megtalálta a módot, tehát van, nem vetnék magukat versenyezve a jólétet és örökké tartó hírnevet ígérő felfedezés nyomába, az nem tudja, hogyan működik a természettudomány, és mi hajtja előre a természettudóst.

És végül egyetlen megjegyzés: Ha a dogonok ősei vagy a „kicsi és vörös” emberek tényleg valamelyik közeli civilizáció felderítőivel találkoztak: miért nem láttuk az idegeneket azóta sem? A Föld lakható. Alighanem számukra is, különben nem tudtak volna mesélni a Szíriuszról. Túl sok lakható bolygó nem lehet a környéken: hol vannak telepeseik, vagy legalább támaszpontjuk és kereskedőik? Az, hogy a Föld náluk sokkal primitívebb „idegenekkel” már lakott, alighanem kevésbé zavarta volna őket: a mi felfedezőinket sem zavarta az új kontinenseken. Mivel ijesztették őket el a dogonok vagy a busman vadászok? Lehet, hogy ők tulajdonképpen a földi civilizáció hősi megvédői?

És most menjünk tovább. Mit mondhatunk ilyen szempontból Atlantiszról? Ugyanezt, némileg negatívabban. Az előbbi esetben tudományos ismereteinkkel teljesen összhangban volt a mítoszok „földönkívüli eredete”, csak természettudományos értelemben még valószínűsíteni sem lehetett. Most Atlantisz feltételezése ellentmondani látszik a geológia, geofizika és fizika tényeinek. Ezt már kifejtettük a II. részben, és nem kell újra elövennünk. Mondtuk, hogy Atlantisz léte csak akkor lenne összeegyeztethető a fizikai tudományok adataival, ha valami nagy zűrzavar támadt volna a Földön az időrendben i. e. 50000000 és i. e. 10000 közt. Ennek azonban számos más kézzelfogható következménye is lenne. A IV. részben láttunk ebből egyet: ha e két időpont közt a „jövő” erősen vissza lett volna csatolva a „múltba”, akkor közül nagyjából befagytak volna a változások. Nos, a földi kőületek szerint ez nem történt meg: a szóban forgó idő a földtörténeti újkor nagy része, mely alatt az emlősállatok evolúciójáról dokumentált és *szabályszerű*. Nem azért vetettük el e lehetőséget, mert „előítéletek” vagy elvek miatt nem tetszik az „időutazás”; valóban nem tetszik, de azt megengedve sem megy a dolog.

Volt még egy lehetőség (és ötletes emberek kitalálhatnak továbbiakat is): hogy egy magasabb, földönkívüli civilizáció tevékenységének nyomaiból következtettünk Atlantiszra, e civilizációnak akkor kb. i.e. 10000 körül kellett fenntartania hosszabb időre telepeket az Atlanti-óceán túlfelén, pl. Közép-Amerikában. De ennek ott semmiféle *fizikai* nyoma nem maradt, pedig kellett volna. Továbbá: honnan jöttek volna? A Marsról nehezen (III. rész), a Galaxis távolabbi részéből nehezen (IV. rész); maradt megint 2-3 közeli csillag. De akkor miért nem látjuk őket tömegekben azóta sem? *Valamiért* sokan idejöttek, és sok időre megfelelt ez nekik. Anglia kiűrtette gyarmatait. De azért egyes angolok maradtak ott.

De nem is ez a lényeg. Nézzük meg mostani tudásunkkal, hogy létezik-e még valami *komoly* érv, amit szembe lehetne állítani a „szilárd” tudományok állításával!

Lényegében ötféle érv volt. „Keménységi” sorrendben röviden felsoroljuk őket.

1. *Geológiai érvek*: az Atlanti-hátság.

2. *Biológiai érvek*: növénytani és állattani hasonlóságok Észak-Amerika és Európa; valamint Dél-Amerika és Afrika közt, ugyanakkor eltérésekkel észak-dél irányban.

3. *Embertani érvek*: „fehér bennszülöttek” „váratlan” helyeken.

4. *Nyelvészeti érvek*: a baszk és bizonyos indián nyelvek hasonló szerkezete.

5. *Történeti érvek*: Platón története és néhány más forrásban elmosódott adatok.

Nos, az érvek nagy része ma már nem működik. Láttuk, hogyan magyarázta meg a globális lemeztectonika az 1. és 2. érvcsoportba tartozó problémákat. A 3. további magyarázatot igényel, ami mindjárt jön is. A 4-edikről csak annyit mondhatok, hogy e században a nyelvészek általában már nem tartják a szerkezeti hasonlóságokat a származásbeli rokonság bizonyítékának.² Hogy miért nem, azt ők tudják pontosan. Az 5. érvcsoportban nem Platón szövege az érdekes; arra azután igazán számos oka lehetett, hogy politikai utópiákat szövegezzem meg. De el tudok képzelni valamit, ami a többféle hagyomány mögött van: két nagyon régi katasztrófát, ami a korabeli Európa legfejlettebb népeit érte.

Ha sikerül *lehetséges* magyarázatokat adnom a 3. és 5. pontokban, akkor a helyzet a következő. Atlantisz léte ellentétes a „fizikai” tudományok ismereteivel, és nem kívántatik meg a „humán” tudományok által. Ezek után aki még akar *hinni* Atlantiszban, az tegye; én nem látok módot e hit fenntartására.

És most jöjjenek a részletek!

„Fehér bennszülöttek”

Az embertani érvek nagy része „fehér” „bennszülöttek” léte Afrikában a trópusi részeken és az indiánok közt. A bennszülött” itt azt jelenti, hogy nem „európaiak”. (A dél-afrikai búrok létéből senki sem következtet Atlantiszra.) Az előző bekezdés tele van idézőjelekkel. Nem is csoda. A „fehér”, „fekete”, „színes” és efféle szavak nem eléggé pontosak tudományos használatra. A normannok az általuk ki-kirabolt dél-olaszokat nevezhették barnának; Lénárd Sándor egy ismerősének egy rokona Rómában e század folyamán a nápolyiakat „szaracénoknak” nevezte.³ A rendezők Othellót feketére festett arccal játszatják. A kritikusok meg arról vitatkoznak, mennyiben magyarázza a főhős tetteit az, hogy négerként megkülönböztetés részese. Ezzel szemben tessék elolvasni a darabot: a velencei seregek vezére *mór*, vagyis europid Észak-Afrikából. Négyert alighanem életében először a török seregben láthatott. Persze barnább, mint egy velencei patrícus; és *idegen*, nagyjából annyira, mint egy magyar zsoldos ott.

Nos, akkor pontosítsunk. A mai rasszok (vagy nagy rasszok), mint pl. az europid, mongolid és negrid, valószínűleg az utolsó eljegesedés alatt alakultak ki, mikor a jeges hegyvidékek elszigetelték egymástól Európát (Észak-Afrikával és a Közel-Kelettel), Kelet-Ázsiát és Dél-Ázsiát. Korábban valószínűleg kevésbé kifejezetten voltak a megjelenésbeli különbségek (mint ahogyan mi is ma közbül, ha nem is középen állunk az extrém europidok és extrém mongolidok közt). Ha tehát találunk pl. egy kis csoport néget Alaszkában, meg kell magyarázni, hogy jutottak oda.

Nos, vannak europid beütésű népek trópusi Afrikában - régebben még több helyen lehettek sziklafestmények szerint. Volt már róluk szó a II. részben. A kérdés az: eljuthattak-e a negridek „mögé” titokzatos kerülőutak nélkül?

A válasz: igen. Ugyanis a negrid („néger”) népek eredeti területe jóval kisebb volt a mainál. Lássuk a szakértőt:⁴ „Valószínű, hogy a negridek mai formájukban csak a pigmeus és koisan népek kifejlődése után alakultak ki, sokáig csak kisebb ‘magterületükön’ éltek ... Feltételezett ötvözdési helyük az afrikai őserdőtől északra fekvő szavannák és Nyugat-Szudán lehetett; kirajzásuk az i. e. V. évezredben kezdődött, és 2000 éve tetőzött.” Ezek után számomra az, hogy őket ki kerülhette meg régebben, és hogy e miatt Belső-Afrikában „fehér”, sárga vagy akár zöld népek léteznek-e, csak mint kuriózum érdekes; Atlantiszra nem érv.

A fehér indiánok eredetére is vannak magyarázatok. Nézzük először Észak-Amerikát. Számos adat sejteti, hogy grönlandi normannok átjártak Kanadába, és át is telepedtek. Ingstad megtalálta telepüket Új-Fundlandon. Az észak-nyugati grönlandi telep (Vesterbrygd) 1341 körül hirtelen pusztulás nélkül kiürült;^{5,6} XVI. századi norvég leírások azt hiszik, hogy Grönlandon feketemedve és nyest él, habár az csak Kanadában él.⁶ Nyilván Grönlandon át érkeztek a kanadai viking prémvadászoktól a bőrök. Ha Vesterbrygd népe tényleg Amerikába települt át, akkor ott gond nélkül találhattak is fehér indiánokat. Cortereal 1500-as új-fundlandi expedíciója után közvetlenül tényleg tudósítások vannak *ottani* fehér vadakról.

Volna is egy írott forrás, mely szerint 1342-ben Vesterbrygd lakói „ad Americas populos se converterunt”, azaz „Amerika népeihez fordultak”, vagy „Amerika népeivé váltak”. A bejegyzés az *Islandske Annaler*ben van.

Ha az olvasó felkapja a fejét, igaza van. Egy izlandi 1342-ben nem ismerheti az „Amerika” nevet. Az eredeti iratok elpusztultak, mikor a skálholti székesegyház 1630-ban leégett. Utána Gissle Oddson püspök emlékezetből rekonstruálta a feljegyzéseket. Az eredetiben alighanem valami ilyen lehetett: „Vinlandba mentek”.

Nem lehet, hogy semmi sem volt ott, és a püspök csak feltette, amit ír, mert már tudott Amerikáról? Minden lehet. De az izlandiak mindig is *tudták*, hogy Grönlandtól nyugatra vannak földek (Helluland, Markland és Vinland), csak veszélyesek az ott lakók miatt (skraelingek). Kétségbe vonhatunk írott forrásokat, ha akarunk, de Platoné sem jobb. A kirajzolódó kép egyszerű. Kelet-Kanadának alighanem 1000 óta mindig volt „fehér” lakossága; 1341-ben sok család áttelepült, és a következő századokban fokozatosan beolvadtak az indiánokba, többé-kevésbé „fehér” törzseket hozva létre. Ezeket a portugál Cortereal még látta; azután elkeveredtek.

Brazília más ügy. Lássunk először egy 150 éves történetet. Lajos Fülöp francia király Párizsba akarja vitetni Napóleon hamvait, és ezért egy nagy vitorlason elküldi fiát, Joinville herceget, Szent Ilonára. „De a szelek kiszámíthatatlanok, az óceán nagy, és Szent Ilona szigete igen kicsi. A királyfi végül is Brazíliában kötött ki.”³ Ilyen régebben még többször megtörténhetett, ha valaki Nyugat-Afrika mentén akart hajózni. A hajósok azután beolvadtak a brazíliai indiánokba. Nem véletlenül az Óvilág felé kiugró részen van europid beütés.

De kik hajóztak régebben Nyugat-Afrikába? Először is, jegyezzük meg, hogy Brazília korábbi ismeretére vannak homályos adatok. (A hivatalos felfedezés 1500.) Vécsey említi,⁶ hogy egy Brazil nevű sziget az óceánban már 1325-ben szerepel egy térképen. Persze mindenféle mitikus szigetről képzelegtek, de most a név fontos.

Portugálul brasa = parázs, és a brazilfa egy vörösre (parázsszínűre) festő fa, melyet Brazília felfedezése után épp festőanyagként szívesen importáltak. E fa (*Caesalpinia brasiliensis*) egy fatermetű hüvelyes, és Brazíliában él. Ha korábban épp Brazílnak neveztek el egy szigetet, alighanem tudniuk kellett, hogy ott vörösre festő fa nő. De akkor a szigetet (ami alighanem a kontinens egy darabja volt) valaki tényleg megjárta; talán importált is, de titokban tartotta. (Ezt különben könnyű lenne ellenőrizni kereskedelmi feljegyzésekben: árultak-e ilyen fát 1500 előtt?)

A felfedezéskor a portugálok 30-40 éve jártak olyan utakat, amelyekről kivetődhetek Brazíliába, de ennyi út nem magyarázna meg komoly europid beütést. De volt korábban egy nép, mely sokat hajózott Nyugat-Afrika mentén, és amely, attól, amit (nem) tudunk, akár rendszeres kereskedelmet is folytathatott volna Brazíliával. Karthágó.

Karthágót a rómaiak (akiknek mi *kulturális* örökösei vagyunk) i. e. 146-ban lerombolták, lakosai rabszolgák lettek. A hagyomány folytonossága megszakadt, az üzleti titkok elvesztek. (Nem minden veszett el: a korábban kapituláló városok, pl. Utica és Leptis Magna, fennmaradtak. De az üzleti titkok nem.) Márpedig már az ókori források is úgy tudják, hogy Karthágó titokban tartotta Gibraltár mögötti birodalmát. Egy feljegyzésből úgy következtetnek, hogy már az i. e. V. században eljutottak a Conakry melletti Kakoulima-hegyig. Ilyen utak közben sokszor kivetődhetek Brazília partjaira, és talán a karibi-térségbe is. Van egy görög forrás, ami, talán, ezt sejteti. Pszeudo-Szkülix írja:⁸ „Kernén túl nem lehet hajózni, mert ott sekély meg iszapos a víz, meg rengeteg a tenyérynyi széles szűrős moszat.” Kerné sziget a Rio Oro torkolatánál; nem a Karibi-tenger előtti Sargasso-tenger moszatairól hallott valami pletykát a szerző?

Ez mind találgatás. De évszázadok alatt jó néhány karthágói gályát vethetett partra az Újvilágban a vihar. Kereskedelem Brazíliával valószínűtlen, mert ott még kőkorszakban éltek a törzsek, de Közép-Amerikával nem lehetetlen. Persze akkor e hajótöréseknek más nyoma is kellene legyen. De lehet, hogy van is. Brazíliából időnként jönnek hírek föníciai feliratokról, és a törzsek nyelveiben lévő sémi szavakról.⁹ Ezeket eddig nem sikerült a történészek által követelt szigorúsággal bizonyítani. De Atlantisznál megfoghatóbb adatok. Végezetül még csak annyit jegyeznék meg, hogy Brazília betelepülésében más furcsaságok is vannak.¹⁰

E fejezetet azzal zárom, hogy egy nagy tapasztalatú csillagász a modern kozmológiának a Nagy Ősrobbanással kapcsolatos problémáiról azt mondta:¹¹ „Ha a kutatók sokáig mindenféle egyszerűsítésekkel élnek, és egyre görgetik vissza a leírás pontatlanságait, ne csodálkozzanak, ha végül e pontatlanságok hatalmasra nőnek.” Most is erről lehet szó. Ha valaki a mai néprajzi képet vetíti egyre távolabbra vissza a múltba, egyszer csak rejtélyekbe ütközik. Majd ha minden kontinens múltját többé-kevésbé felderítettük, összeáll egy érthető kép.

Az „elődök” és utódaik

Mondtuk, hogy Platón története nem az egyetlen, csak a legrészletesebb. Erről a II. részben volt már szó. De Európa ősi történetében voltak hirtelen kulturális hanyatlások és árvíz-katasztrófák.

Épp az utolsó eljegesedés vége előtt éltek a magdaléni kultúra népei. Sok szabadidejük volt, mivel a megszokott hidegben nagy állatokat vadásztak, specializálva. Tudták, mikor hol lesz a csorda, odamentek, és néhány állatot elejtettek. Falat festettek, szobrászatuk, még varrótűjük is volt csontból.

Azután jött a rossz, meleg idő: a nagyvadak elmentek északra. Volt, aki velük ment, de aki nem, az nyomorgott. „A jégkorszak elmúltával ez a kultúra összeomlott ... vadászati eszközök tovább éltek ... A művészeti vagy szertartásbeli hagyományok továbbélésére azonban nincs adatunk ... A magdaléniak néhány ‘azili’ néven ismert utódja megmaradt még Franciaországban. Barlangokban laktak, vadon termő élelemből, halászatból és kisvadak fogásából tengették szegényes életüket.”¹² Eme utódok vajon miket mesélhettek tábortüzeiknél az ősök olvadás elmosta dicsőségéről?

Az észak felé zártabb Közel-Keleten sikerült visszatartani néhány csordát, és lassan megkezdődött az állattenyésztés. Nem véletlenül tehát az olvadás után, és nem a menekülő atlantisziak vezették be. Ezenközben Európa akkori legfejlettebb népe, a maglemosei vadász szorgosan járta az Észak-Alföld mocsárvidékét. Óvatosan keressük a térképen: most tenger. Sekély: Anglia mellett a Dogger Bank 14 méterrel van a víz alatt. „Hogy mi játszódott le a mai Északi-tenger területén, azt csak sejteni lehet, mert az emberi tevékenység minden termékét ma sáros iszap borítja a tenger fenekén.”¹² Az elöntés nem katasztrófa volt: az olvadó jéggel emelkedő tenger századról századra nyomult előre. De végül kiűzte az ott lakókat. Ezek Európa más részeire vándorolva továbbadták e második pusztulás hagyományát is. Valószínűleg Európa minden őshonos népénél megvolt e két régi hanyatlás emléke, ezért Platon tanítása termékeny talajba hullott.

Ezek után „Atlantisz” kontinensből az ősi kulturális és etnikai mozgások kutatásának kódszavává válik. A rejtély teljesen áttolódott a történelembe, és összezsugorodott. Nincs értelme itt tovább foglalkozni vele.

Sietnünk kellett volna?

A Mars-csatornák ügyét már nem tudom ilyen nagyvonalúan elintézni. Ott csillagászat áll szemben csillagászattal. A csatornákat csillagászok látták (habár mindig egy kisebbség); az 50-100 Hgmm légnyomást csillagászok mérték csillagászati mérési módszerekkel. Mi történt? „Becsaptak minket” (mármint a marslakók), vagy „valami megváltozott”?

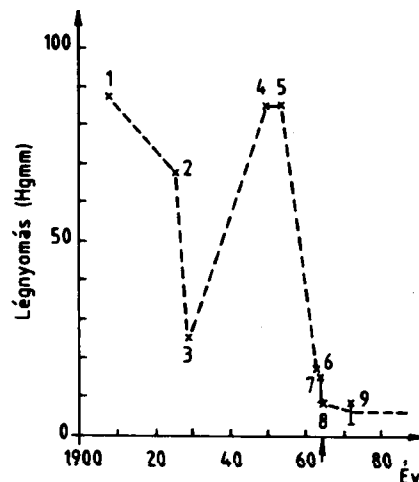
A III. részben mondtuk: fantáziadús emberek szerint a marslakók álcázzák bolygójukat, hogy előlünk elbújjanak. Ez nem igazán tudományos gondolat, de azért vizsgáljuk meg! A IV. rész mutatott lehetőségeket az ötlet természettudományos megfogalmazására. Tegyük most fel, hogy a világ 5-dimenziós, a Mars az 5. dimenzióban más és más, és ma a sivárabb részét látjuk (mondjuk 1960 óta), mert a *marslakók annak fényét térítik hozzánk*.

Hogyan? Ha én azt tudnám! De láttuk, esetleg forgó fekete lyukkal *máshová* lehet küldeni a fényt. Elhelyeztek köztük és köztünk egy kicsiny forgó fekete lyukat millió évvel fejlettebb technikájukkal, és kész. Csakhogy ezt észrevennők. A kép nem torz, tehát a lyuk mérete jóval nagyobb kell legyen a látható fény hullámhosszánál. Mondjuk százszorosa: ez egy tizedmilliméteres lyuk. Akkor tömege a Marsénak hatoda; ezt zavaró hatása miatt a bolygók és holdak mozgásán látnók.

No akkor „valami megváltozott”. Mi van, ha a Mars mozog a hipertérben az extra irányban: 1960 előtt szebbik részei voltak láthatóak, ma a csúnyábbak? Most leellenőrizzük. A 11. ábra az e században végzett légnyomásmérések közül jó néhánynak adatait közli.^{13, 14} A mérés

néhány különböző módszerrel történt: 1-7. a Földről, 8. és 9. űrszondával. A vízszintes tengelyen a nyíl a Mariner-4 indulása.

A görbe mintha a „valami megváltozott” feltevést támogatná. A marsi légnyomás esése ugyanis folytonos volt, és nagyjából már a Mariner-4 kiküldése *előtt* lezajlott. Ha a meglepett marslakók elbújtak volna, az esésnek kicsit a nyíl után kellett volna bekövetkeznie. Ez viszont egy idegesítő gondolatra vezet: lehet, hogy ha jobban igyekeztünk volna, még megláthattuk volna a szebbik, esetleg lakható Marsot?



11. ábra. A marsi légnyomás megmért értékének változása

A görbén e század 9 mérésének eredményét láthatjuk; az összekötő szaggatott vonal bizonyos tendencia, habár voltak más mérések is. Az egyes méréseket végezték: 1. Lowell; 2. Menzel; 3. Lyot; 4. Dollfus; 5. de Vaucouleurs; 6. Schwarzschild; 7. Owen és Kuipers; 8. Mariner-4; 9. Mariner-9. Az adatok a 13. és 14. művekből valók. A nyíl a Mariner-4 útja. Az 17. mérések földi csillagászati mérések, különböző módszerekkel Figyeljük meg a gyors csökkenést épp a szondák adatai *előtt*. A 9. adat szélessége nem hiba, hanem évszaktól és magasságtól függő különbségek hatása.

Nem hiszem. Nem azért, mintha a téridő ne lehetne 5-dimenziós. Lehet, habár nincs olyan fizikai elméletünk, amelyben így lenne az. Egy olyan 5. dimenzió, amely irányban a világ *nyílt*, ugyanakkor amerre a fény nem terjed, semmiféle általam ismert *fizikai* elméletben sem szerepel, és nem is tudom, hogyan lehetne ilyen elméletet alkotni. A modern részecskefizikában, mint mondtam, vannak extra dimenziók. De ilyen irányokban a világ zárt, nagyon kis átmérőjű (10^{-13} vagy 10^{-33} cm-es) henger, tórusz vagy efféle, és e méretek nem követik a Világegyetem tágulását. Továbbá ott az extra irányoknak van a mi 4 dimenzióinkban is hatása: valamiféle erők. (Ezért van több dimenzió az elméletekben.) Olyan helyzetbe hoztam magamat, hogy egy senki által meg nem fogalmazott elméletben kellene megvizsgálnom a megfigyelési adatok értelmét; úgy sikerül majd, ahogy. Mindenesetre mondom ellenérveimet.

1. Ha a Mars tud az extra irányba mozogni, miért nem tud a többi bolygó és a Hold? A Holdat eléggé részletesen ismerjük, és a kép nem változik.

2. Hogyan lehet az, hogy a Mars ilyen mozgása egyáltalán nem zavarja 4-dimenziós mozgását? Abban a csillagászok nem látnak rendellenességet.

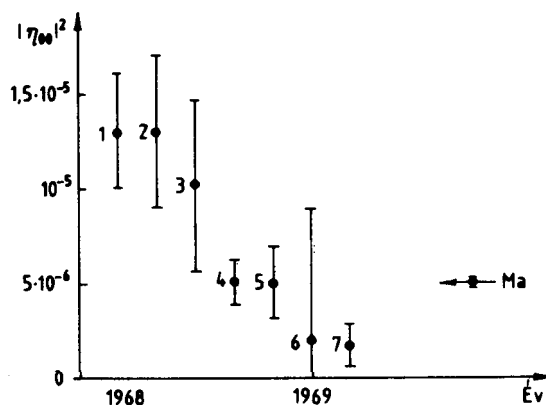
3. Mi az esélye annak, hogy a Mars „szép” és „csúnya” része közti választóvonal a hiper-térben pont épp akkor haladjon át a mi hipersíkunkon, amikor megindul az űrhajózás? Ha a Mars magától mozog, akkor alighanem évmilliárdok óta teszi, és akkor annak valószínűsége, hogy a „váltás” épp e században történjen, 0,00001%.

Fentiek miatt reménytelennek tartom azt, hogy a marsbeli légnyomás 11. ábrán látható görbéjét épp egy 5-dimenziós elmélet magyarázná meg. Érdemesebb másfelé okoskodnunk.

Beck említ egy számunkra használható esetet.¹⁵ 1936 és 1961 közt többször megmérték a tetraciano-nikkelát(II) stabilitási állandóját. Hogy a vegyület pontosan mi, azt ki tudtam volna deríteni, de azt hiszem, mindnyájunknak egyszerűbb, ha nem tudjuk. A stabilitási állandó a kémiában valami olyan, mint amiről a marsléglkör oxigéntartalmánál már szó volt. Ha pl. konyhasó (NaCl) oldódik vízben, ott lesz NaCl, Na⁺ és Cl⁻. Adott hőmérsékleten és anyagmennyiségnél ezek valamilyen aránya állandó. Ha a felbomlott vegyületdarabokból van sok, a stabilitás kicsi; ha alig bomlik el, nagy.

Nos, a mérések szerint 25 év alatt a tetraciano-nikkelát(II) stabilitási állandója 20 nagyságrenddel (!) nőtt, a logaritmus az időben *egyenletes*. Változnak a kémiai törvények? Talán a Föld mozdult el a hipertérben? Van egy egyszerűbb válasz. Tegyük fel, hogy a vegyület *nagyon* stabilis; a bomlástermék mennyisége a mérési pontosság alatt van. De „a műszer természetesen mutat valamit” és „abból következtetést levonni nem lehet”.¹⁵ Csakhogy mi sohasem tudjuk a műszer *összes* hibáját; a hiba egy része mindig olyasmiből jön, amiről nem tudunk. A bomlástermékek kimutatásának pontossága 25 év alatt jócskán megnőtt; mi mindig azt hittük, hogy van valamennyi, de e valamennyi a pontosság növekedésével csökkent. Ezért nő a stabilitás a mérésben. Az igazi érték alighanem még nagyobb, és akkor tudjuk megmérni, ha elérjük a szükséges pontosságot. A másik lehetőség, a törvény időbeli változása, képtelenség: az efféle mennyiségek *elvben* kiszámíthatóak a fizika alapvető állandóiból, azok változása pedig számos más adatban is látszana.

A 11. ábrán persze nem egyenletes a csökkenés, de ilyenre is van példa. A 12. ábra a gyenge kölcsönhatás kombinált töltés- és paritástükrözési szimmetriasértését mutató szám *megmért* értékének időbeli változása 1968-69 során (a nyíl meg a mai érték). Hogy eme $|\eta_{00}|^2$ szám *pontosan* mi, azt én már többször megtanultam és elfelejtettem, de egy alapvető természeti állandó. Ha nem 0, a részecskék és antirészecskék tömege nem pontosan egyenlő, és ez esetleg megmagyarázhatja, miért áll ma a Világegyetem anyaga sokkal inkább protonokból és elektronokból, mint antiprotonokból és pozitronokból.



12. ábra. A gyenge kölcsönhatás CP-sértő paraméterének mért értékei 1968-69. folyamán. A méréseket a 16. irodalom sorolja fel; a jobbszéλι vízszintes nyíl a mai adat. A függőleges vonalak a mérés „standard hibáját” mutatják. A méréshez K mezonokból álló nyalábot kellett gyorsítóban előállítani, és repülésük mentén több pontban megfigyelni bomlástermékeiket. A mérés 1969 táján vált egyáltalán lehetségessé, innen a nagy hibák. Hiába akarnánk az adatokból valódi csökkenésre következtetni; a nagy hibák ezt nem teszik lehetővé.

Az illető szám kicsiny és a gyenge kölcsönhatáshoz tartozik. Nem csoda hát, hogy nehéz mérni; a technika valamikor a 60-as évek második felében jutott el odáig. Az ábrán 7 korai mérés látható; az adatokat a korabeli szakirodalomból vettem,¹⁶ az időbeli sorrendre 19 év után próbálok visszaemlékezni, mikor is egy előadásban hallottam. (Mivel ezek 2 év során sűrűsödnek, a cikk megjelenésének ideje sem feltétlenül mutatja a mérések sorrendjét; tudománytörténeti kutatások lennének szükségesek.) Mindenesetre a mért pontok azt látszanak

sugallni, mintha egy alapvető állandó gyorsan, de néhány lépcsőben lecsökkent volna. Mozog a Föld a hipertérben?

Alighanem másról van szó. Az ábrán minden ponthoz tartozik egy függőleges vonal, a „hiba”. Bármilyen meglepően hangozzék is, a fizika sohasem állította, hogy mérései teljesen pontosak. A műszerek sem tökéletesek, és külső hatások (mint pl. a kozmikus sugárzás részecskéi) utánozhatják a mérendő jelenséget. Ezt háttérnek hívjuk. A műszereinket ismerjük, a külső hatások közül annak, melyről tudunk, becsülni tudjuk nagyságát, így mindig, minden méréshez tartozik egy becsült hiba. Ennek pontos jelentésével nem kívánom az olvasót untatni; a „szokásos” esetekben annak esélye, hogy a mért adat a valóditól egyszeres hibával térjen el, még 32%, de annak, hogy háromszorossal, már csak 0,5%. A mai értékkel háromszoros hibahatárig minden mérés összefér. Ezek után a következőképpen rekonstruálhatjuk a történeteket:

Kezdetben valamilyen háttérhatás felfelé térítette el a mérés eredményét, de a háttérről tudtak, mint a nagy hiba mutatja. Később e hatásokat sikerült kiküszöbölni, de akkor meg más, még ki nem küszöbölt zavarok lefelé húzták a mérést (lásd az alacsony értékeket, de még mindig jelentős hibával). 1969-ben a mérések még nem voltak elég pontosak ahhoz, hogy tudjuk, egyáltalán van-e szimmetriasértés a törvényekben. És ez nem utólagos belemagyarázás: az események *közben*, 1968 augusztusában megjelent részecskefizikai táblázat ezt mondja: „ $|\eta_{00}|^2$ még bizonytalan, lásd a publikált értékek listáját”.

Később a mérések pontossága javult, és ma a becsült hiba már csak a mért érték tizede. A gyenge szimmetriasértés léte bebizonyosodott, és nagyságát is jól tudjuk. Biztos? Úgy tudjuk. Hogy a hibát jól becsüljük-e, azt a további mérések ellenőrzik: ha ők is a 2-3 „hibányi” sávba esnek, akkor a mai érték már helyes. A fizika folyton ellenőrzi saját magát.

Tanulságok: nem az a pontos ismeret, melynek nem tudunk hibájáról. És: „A kimutathatóság határán lévő ... adatokból semmiképpen sem szabad messzemenő következtetéseket levonni...”¹⁵

A betervezett bolygó

De néha muszáj. Az érdeklődő társadalom - mely fizeti a csillagászt - századunkban hevesen rákérdezett a Mars légkörére. Mit csinálhat a csillagász? Megméri, olyan módszerekkel és műszerekkel, melyek a társadalom jóvoltából rendelkezésre állnak. Kellene űrszonda a méréshez? Nincs. Tessék a sűrű földi légkörön keresztül mérni. Ez háttér és *felfelé* viszi az adatokat? Vonja ki a háttérrel maga a csillagász. Kivonta; ma már tudjuk, hogy nem eléggé. Alighanem a századelei méréseknek volt jókora hibájuk is a szakirodalmi eredeti közleményekben; ahol én találtam őket, ott már a hibát nem adták meg. De nem is érdekelte az azokat, akik marslakók után érdeklődtek: *nekik* egy 90 ± 50 Hgmm adat nem azt jelentette volna, hogy könnyen lehet a légnyomás 8 Hgmm is; ők fordítva gondolkoztak. Jó esély volt olyan légkörre, melyben még magasabbrendű élet lehetséges. A marslégkör sűrűsége a 60-as évekig bizonytalan volt; kevés mérés létezett, azok mutattak valamit, ez a csillagásznak elég is volt, amíg pontosabban nem tudtak mérni. Végére is attól, amit akkor a bolygók és légkörük eredetéről tudtak, a Marsnak nyugodtan lehetett ilyen, a Földénél lényegesen ritkább, de még jelentős, légköre.

A természettudós bármi *pontosan megfogalmazott* adatot meg tud mérni. *Magától* nyilván nem azt mérné, amire műszerei nem jók. De ha a társadalom erőlteti, pláne emlékezteti, hogy ezért kapja fizetését, megméri. Ha műszerei rosszak, lesz egy pontatlan adat; akinek kell, viheti.

1920 körül Lowell flagstaffi obszervatóriuma nem állt magasan a kollégák véleményében,¹⁸ mivel korábban fő munkássága a Mars-csatornák térképezése volt, ezeket pedig csak a „kimutathatóság határán” lehetett vizsgálni. Az obszervatóriumot egy kuratórium tartotta fenn a Lowell-örökségből. A csillagászok szerették volna hírnevüket növelni, a kuratórium preferenciái miatt a Lowell indította témában. Elhatározták, megkeresik Lowell X bolygóját.

Az Uránusz és Neptunusz mozgásában zavarok látszottak. Ilyen zavarokat más bolygók gravitációja szokott okozni. *Elvben* a zavarokból kiszámítható, hol a zavaró bolygó és mekkora a tömege (utóbbiból meg az is, milyen fényes). A Neptunuszt így is találták meg. Persze ha a kiinduló adatok pontatlanok (pl. a Neptunusz felfedezése óta még nem járt egyszer körbe, ezért pályáját bizonyos hibával ismerték), akkor a zavaró bolygó adatai is bizonytalanok lesznek. Pl. W. H. Pickering számítási eredményei az *1. táblázatban* látható módon ingadoztak.¹⁸

1. táblázat

	Naptávolság (Cs.E.)	Excentricitás	Tömeg/Földtömeg
1911	123	kicsi	?
1928	68	kicsi	20
1931	76	nagy	50

Ennyire lehetett akkor kiszámítani a 9. bolygó pályáját.

Lowellnek is voltak számításai (lásd a *2. táblázatot*), és 1929-ben ezek alapján a bolygó keresésére leszerződtek egy fiatal amatőr csillagászt, C. W. Tombaugh-t, aki talált is egy bolygót.

2. táblázat

	Naptávolság (Cs. E.)	Excentricitás	Tömeg/Földtömeg
Jóslat	44	0,2	5
Plutó	39,4	0,25	0,0023

A pálya jól egyezik. De a tömeg olyan kicsiny, hogy a Plutó nem okozhatta a Neptunusz pályazavarait!

Tombaugh vizsgálatai jó, pontosak és gondosak voltak. Ha egy csillagásznak az a feladata, hogy adott hely közelében találjon égitestet, talál is, mert *valamekkora* ott is van.

Ha a természettudósnak előre megmondjuk, mit találjon, lehet, hogy meg is találja. Hogy aztán mennyi örömünk lesz benne, az más kérdés. A Természet olyan, amilyen. Ha őt akarjuk megismerni, megtehetjük. Ha elképzeléseinket keressük benne, azt is megtalálhatjuk, de ez neki nem lesz teljes képe, és amit találtunk, esetleg *nem jellemző* rá. Akkor meg minek?

Utóhang

Sokszor használtam forrásul tudományos-fantasztikus *regényeket*. Ez két okból történt. Egyrészt, a IV. részben, itt-ott túl *kellett* menjek mai biztos tudásunk határain. De másrészt, sok tudományos-fantasztikus regény „fizikai képe” közelebb áll az általános relativitáselmélet elképzeléseihez, mint az, amit ma még sokan a „tudomány” álláspontjának *hisznek*. Idehaza tulajdonképpen az általános relativitás-elmélet ellen annak megalkotása óta folytonos volt az ellenkezés, olyan „furcsákat” mond. És sokan gondolták, hogy előre tudják, milyen kell legyen a téridő (vagy legalábbis milyen nem lehet).

Visszatérve a rejtélyekre. 1960 előtt a geológia nem ismerte a végső érvet Atlantisz ellen, mert nem tudta, mi az Atlanti-hátság. Ma már tudja. 1960 előtt nem tudtuk pontosan mérni a marsi légnymást. Ma már tudjuk. Ma még nem tudjuk pontosan, mi egy kvazár, nincsenek-e benne fénynél gyorsabb mozgások. Majd megtudjuk. A tudomány megy előre. De visszatekintve a biztosból a bizonytalanba, a mára megcáfolt elméletek akkori képviselőit nincs jogunk áltudósoknak nevezni. Akkor az övék is tudományos, és az *ismert* tényekkel összevágó nézet volt, és ennél többet egyetlen tudóstól sem szabad várni. A tudós nem jós, nem próféta, és nincs közvetlen beszélőviszonyban az „Igazsággal”. De bírálója sincs.

Aki viszont már eleve láthatóan hibás (*ismert* tényekkel ellenkező vagy zavaros) nézetet vall, az sem áltudós, hanem tudatlan vagy esetleg csaló. Vagy nem is akar tudós lenni, érzéseit adja csak elő. Olyasmikkel pedig a természettudománynak dolga nincs.

Irodalom és jegyzetek

Az I. részhez

1. Kiszely I.: A Föld népei. Afrika. Gondolat, Budapest, 1986.
2. A. Moszkvin: A fakó róka országa. Univerzum 268-269. Kossuth, Budapest, 1979.
3. D. B. Herrmann: A Sirius-rejtély. 4D sorozat. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1988.
4. K. Mellik-Szimonyan: a 2. mű utószavában.
5. Nemere I.: Titkok könyve. Magyar Eszperantó Szövetség, Budapest, 1986.
6. C. Sagan: Broca's Brain. Ballantine Books, New York, 1980.
7. T. D. Liszenko: A biológiai tudomány állásáról. Szikra, Budapest, 1949.

A II. részhez

1. Th. Mann: József és testvérei. Magyar Helikon, Budapest, 1963. (A szóban forgó fejtegetés a szerző előszavában.)
2. Kodolányi J.: Vízözön. Magvető, Budapest, 1967.
3. G. Clark: A világ őstörténete. Gondolat, Budapest, 1975.
4. Ph. Liebermann - E. S. Crelin: A neander-völgyi ember beszédéről. In: A nyelv keletkezése, Kossuth, Budapest, 1974.
5. H. de Saint-Blanquat: A gallok előtt a baszkok? Univerzum 262. Kossuth, Budapest, 1979.
6. Plátón: Timaiosz 6. és Kritiasz 9-10. Plátón összegyűjtött munkáinak magyar fordítása néhány éve megjelent a Magyar Helikonnál, de a szövegből 12. is hosszú részeket ad.
7. Tőkei F.: Antikvitás és feudalizmus. Kossuth, Budapest, 1969.
8. J. Graves: A görög mítoszok. Európa, Budapest, 1970. (A 83. fejezet és jegyzetei.)
9. Strabón: Geógraphika. Gondolat, Budapest, 1977.
10. Matolcsi J.: A háziállatok eredete. Mezőgazdasági, Budapest, 1975.
11. Létezett-e Atlantisz? Univerzum 5-6. Kossuth, Budapest, 1958.
12. Várkonyi N.: Sziriat oszlopai. Magvető, Budapest, 1972.

Megjegyzendő, hogy a fenti szerzőnek ugyanilyen címmel korábban már jelent meg könyve, amelyben a történelem előtti idők feltételezett nagy áradásait a Hörbiger-féle „világjég-elmélet”-tel próbálta magyarázni. Azon elmélet viszont csillagászati, fizikai és geológiai ismereteinkkel egyaránt ellentétes (lásd J. Herrmann: Hamis világképek. Gondolat, Budapest, 1966.)

13. Vécsey Z.: A tudomány rejtelseiből. Gondolat, Budapest, 1965.
14. Lipták P.: Embertan és emberszármazás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
15. I. P. Magidovics: A földrajzi felfedezések története. Gondolat, Budapest, 1961.
16. Kiszely I.: A Föld népei. Afrika. Gondolat, Budapest, 1986.

17. Ch. R. Saunders: Halál Jukunban. Galaktika 45. 1982.
18. Lásd pl. E. R. Burroughs Tarzan-sorozatának néhány kötetét, leginkább 2. és 5.-öt. Friss kiadás: Ifjúsági Lap- és Könyvkiadó, Budapest.
19. A Whitneyt idéző magyar forrás 12., mely a forrást nem jelöli meg. Évszám alapján lehet találgatni; valószínűleg W. D. Whitney: Life and Growth of Language. London, 1875. Aki ellenőrizni kívánja, mi lehet a hasonlatosság, ott megteheti; én a könyvet nem olvastam.
20. Héderváry P.: A görög Pompei. Gondolat, Budapest, 1972.
21. A konferencia kiadványát nem olvastam. Az előadást a konferencia pontos időpontjával említi: J.-A. Foëx: Tízezer év az óceánok mélyén. Gondolat, Budapest, 1970. Onnan kinyomozható.
22. R. Gheyselinck: A nyughatatlan Föld. Kir. Magyar Természettudományi Társ., Budapest, 1941.
23. Gaál I.: A Föld és az élet története. Kir. Magyar Természettudományi Társ., Budapest, 1939.
24. V. F. Weisskopf: Fizikai Szemle XXIII, 270 (1973).
25. J. Szvet: Kolumbusz. Gondolat, Budapest, 1977.
26. Stegena L.: Atlantisz. Gondolat, Budapest, 1963.
27. Bonyhádi J.: Eltűnt világrészek - képzeletbeli országok. In: Titkok és talányok. Bibliotheca, Budapest, 1958. (Szerinte: „A hagyományok és a kutatások jelentékeny része valószínűnek és lehetségesnek tartja a Platón által említett Atlantisz egykori létét.”)
28. Müller P.: Az élet története és a lemeztectonika. Magvető, Budapest, 1979.
29. Mátyás Gy.: Hogyan jöttek létre kultúrnövényeink? Mezőgazdasági, Budapest, 1972. A természet dohány rekonstrukciójára: Faludi B.: Örökléstan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
30. P. C. Mangelsdorf: Tudomány 1986/10, 60.
31. C. Sagan: Broca's Brain. Ballantine Books, New York, 1980.
32. V. A. Firsoff: Élet ammónia alapon. Univerzum 63. Kossuth, Budapest, 1962.
33. Lukács B.: Civilizációk Tejútrendszerünkben. - Egyedül vagyunk? Élet és Tudomány Kalendárium 1986. 353.
34. Eme ötlet egy sereg érvelés mögött fellelhető, de talán legszebb példája egy tudományos-fantasztikus *paródia*: Selmeczy Gy.: Archeológiai értesítés. In: Galaktika 50. 1983. Eszerint Atlantisz néhány millió éve létezett, és értelmes Hominidák lakták (habár a mai embertől különbözőek); azután a kontinenst marslakók semmisítették meg.
35. M. J. Aitken: Fizika és régészet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982.
36. Lukács B.: Természet Világa 1978/8, 376.
37. R. E. Leakey-R. Lewin: Fajunk eredete. Gondolat, Budapest, 1986.

A III. részhez

1. J. Flint Roy: A Guide to Barsoom. Ballantine Books, New York, 1980.
2. P. Francis: A bolygók, Gondolat, Budapest, 1988. (A 221. oldalon.)
3. Hargitai Károly: Társbérlok a Naprendszerben? 4D sorozat, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1988.
4. F. Ziegel: Van-e élet a Marson? Tudományos-fantasztikus elbeszélések 80. A Știință și tehnică folyóirat kiadása, București. (A sorozatcímmel ellentétben ez nem novella, mert a füzetnek szaklektora is volt Niederkorn János kandidátus személyében.)
5. Zerinváry Sz.: A Naprendszer élete. Művelt Nép, Budapest, 1953.
6. Br. Harkányi Béla: A Mars légköréről. Stella Almanach 1927., 116. old.
7. Kulin Gy. - Zerinváry Sz.: A távcső világa. Gondolat, Budapest, 1958.
8. P. Francis: A bolygók. Gondolat, Budapest, 1988. (Az eredeti 1981-es, de a szerző a magyar kiadásra kiegészítette.)
9. Gánti T. - Horváth A.: A Viking '75 program. Csillagászati Évkönyv 1976. Gondolat, Budapest, 1975.
10. J. B. Pollack: A Naprendszer. A Mars. Univerzum. 267-268., Kossuth, Budapest, 1979.
11. N. H. Horowitz: A Naprendszer. Az élet kutatása a Marson. Univerzum 269-270. Kossuth, Budapest, 1979.
12. Haack Handkarte. Mars. VEB Hermann Haack, Gotha, 1985.
13. Müller P.: Az élet története és a lemeztectonika. Magvető, Budapest, 1979.
14. G. Skeib: A déli jégvilág. Kossuth, Budapest, 1967.
15. G. Dozois-J. Dann-M. Swanvick: A Mars istenei. Galaktika 1988/2.
16. Cz. Chruszewski: A Málnavörös Oah Tó. Galaktika 18. 1976.

A IV. részhez

- 1 H. Sienkiewicz: Özönvíz. Európa, Budapest, 1969.
2. Szentiványi J.: A kőbaltás ember. Móra, Budapest, 1967.
3. D. F. Glut: A Birodalom visszavág. Kozmosz Könyvek, Budapest, 1981.
4. H. G. Wells: A Plattner-eset. In: Csodálatos történetek. Pantheon, é.n.
5. Balázs L.: A közeli csillagok. Csillagászati Évkönyv 1979. Gondolat, Budapest, 1978.
Természetesen lehetnek még olyan csillagok, melyeket nem láttunk meg, de 8 fényévről egy Nap típusú csillag szabad szemmel látható, sőt az ég legfényesebb csillagjai közt lenne. Nagyon halvány csillagok most érdektelenek, mert bolygóik lakhatatlanok.
6. Csillagászati Kisenciklopédia. Gondolat, Budapest, 1969.
7. A. C. Clarke: A jövő körvonalai. Gondolat, Budapest, 1968.
8. Nemere I.: Új titkok könyve. Magyar Eszperantó Szövetség, Budapest, 1987. Az eredeti forrást ez adja.
9. Rényi A.: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.

10. Jánossy L.-Elek T.: A relativitáselmélet filozófiai problémái. Akadémiai Könyvkiadó, 1963.
11. A. Einstein: A speciális és általános relativitás elmélete. Gondolat, Budapest, 1978.
12. Ja. Vilkoviszki: A rejtélyes kvazárok. Gondolat, Budapest, 1988.
13. I. Asimov: Az Alapítvány pereme. Kozmosz Könyvek, Budapest, 1986.
14. H. Franke: Az orchideák bolygója. Táncsics, Budapest, 1970.
15. R. Graves: A görög mítoszok. Európa, Budapest, 1970.
16. Lásd pl.: Lukács B.: Fénynél sebesebb részecskék, a tachyonok. In: Élet és Tudomány Kalendárium, 1978.
17. *Szakkifejezéseknek* még szó szerinti lefordítása is módosíthatja a jelentést. Ha superluminális jelenségről beszélünk, azzal tudományos megegyezés szerint nem állítjuk, hogy valami *tényleg* fénynél gyorsabban mozgott. Tiltakozni szoktak az idegen szavak gyakori használata ellen. De szakkifejezéseink közül sok latin (pl. az elemi matematikában a „plusz”, „mínusz” és „per”; a „plusz” helyett mondhatunk „meg”-et, de az jelent sok minden egyebet is). Különb *nekünk* nem szabadna, hogy a latin *egészen* idegen legyen: 8 és fél századig hivatalos nyelvünk volt.
18. Strabón: Geógraphika. Gondolat, Budapest, 1977.
19. Lukács B.: Négy dimenzió, vagy öt? Természet Világa 1982/11, 516.
20. Lukács B.: Ötdimenziós kozmológiák: realitás vagy formalitás? Fizikai Szemle 1988/2.
21. M. Green: Szuperhúrok. Tudomány 1986/11, 24.
22. C. D. Simak: A város. Kozmosz Könyvek, Budapest, 1970.
23. H. Beam Piper: Skizofrén történetek. In: Metagalaktika 9. Kozmosz, Budapest, 1986.
24. L. Sprague de Camp: Lest Darkness Fall. Ballantine Books, New York, 1974.
Mivel a mű még magyarul nem jelent meg, az ötlet lényegét ideírom: egy régész vissza-kerül a VI. sz. közepére a keleti gót birodalomba, és meg akarja akadályozni a középkori barbárságot. Mivel a történelemnek új ága indult, paradoxon nincs.
25. Marx Gy.: Az Eötvös-kísérlet mai szemmel. Fizikai Szemle 1966/12, 372
26. Károlyházi F.: Tér, idő, anyag, gravitáció. Természet Világa 1973/2 -7 (folytatólag).
27. L. D. Landau-E. M. Lifsic: Elméleti fizika II. Klasszikus erőterek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
28. Marx Gy.: Neutroncsillagok? In: Csillagászati Évkönyv 1967. 201. old. Gondolat, Budapest, 1966.
29. Fodor J.: Egy filozófus-cikkeinkről. Természet Világa 1969/10, 467.
30. R. Gautreau: Nuovo Cim. 50, 120 (1967).
31. W. J. Kaufmann III: Relativitás és kozmológia. Gondolat, Budapest, 1985.

Az V. részhez

1. Feleki L.: Kő kövön... Magyar Téka, é. n.
2. E. Sapir: Az ember és a nyelv. Gondolat, Budapest, 1971.
3. Lénard S.: Völgy a világ végén s más történetek. Magvető, Budapest, 1973.
4. Kiszely I.: A Föld népei. Afrika. Gondolat, Budapest, 1986.
5. H. Ingstad: Vikingek az Újvilágban. Gondolat, Budapest, 1972.
6. Vécsey Z.: A tudomány rejtelméről. Gondolat, Budapest, 1965.
7. Rapaics R.: A növények és az ember. In: A növény és élete II. Kir. Magyar Természettudományi Társ., Budapest, 1941.
8. B. H. Warmington: Karthágó. Gondolat, Budapest, 1967.
9. A. Delpio: Amazónia titkai. Univerzum 64. Kossuth, Budapest, 1962.
10. Egy fizikai kormeghatározás (H. de Lumley és mások: Presence d'outils taillés associés à une faune quaternaire... CBPF-NF-069/87, Rio de Janeiro) a braziliai Bahia államban La Toca da Esperança lelőhelyen előemberi eszközöket tartalmazó réteg korát U-Th radioaktív módszerrel „kb. 300000 évre” adta, szemben Amerika betelepítésének általában elfogadott 10000 éves korával. Persze:
 - a) a fizikában megszokott módon közölt részeredmények és mérési hibák mutatják, hogy itt a módszer már teljesítőképességének határán van;
 - b) a Behring-szoros többször is szárazra kerülhetett (bár onnan Brazília messze van).Az ügynek közvetlen kapcsolata Brazília 2000 évvel ezelőtti kapcsolataihoz nincs, de mutatja a terület betelepülésének furcsaságait (vagy a szükséges óvatosság fokát).
11. O. Heckmann: Csillagok, Kozmosz, világmodellek. Gondolat, Budapest, 1983.
12. V. Gordon Childe: Az európai társadalom őstörténete. Gondolat, Budapest, 1962.
13. Héderváry P.-Marik M: Pécsi T.: A Vénusz és a Mars ostroma. Gondolat, Budapest, 1976.
14. ifj. Bartha L.: Új eredmények a Naprendszer kutatásában. A csillagos ég VII, 153 (1.965).
15. Beck M.: Tudomány-áltudomány. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978.
16. Nagy E.: A hosszú- és rövidéletű semleges K mezonok bomlási ágarányainak vizsgálata nehéz folyadékkal töltött buborékkamrában. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1969.
17. Review of Particle Properties. UCRL-8030, 1968. aug. 1.
18. C. W. Tombaugh-P. Moore: A sötétség bolygója. Gondolat, Budapest, 1989.