

Edward Ashpole

A Földön kívüli értelem kutatása

Akadémiai Kiadó · Budapest

A Földön kívüli
értelem kutatása

Edward T. ...

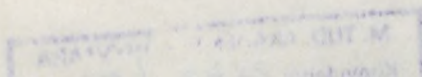
A Földön kívüli
értelem kutatása

... ..

Edward Ashpole

A Földön kívüli értelem kutatása

Akadémiai Kiadó · Budapest 1992

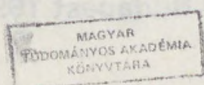


507921

A fordítás az alábbi kiadás alapján készült:
Edward Ashpole: *The Search for Extraterrestrial Intelligence*.
Blandford Press, London, 1989

Fordította: Hajdú Gábor

A fordítást az eredetivel egybevetette: Roboz Gabriella



ISBN 963 05 6069 0

Kiadja az Akadémiai Kiadó

Első kiadás: 1992

© Cassell PLC, London 1989

Hungarian translation © Hajdú Gábor, 1992

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes fejezeteket illetően is.

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte

Felelős vezető: Zöld Ferenc
Budapest, 1992

Nyomdai táskaszám: 20408

Felelős szerkesztő: Bártfai László

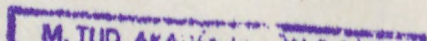
Műszaki szerkesztő: Marton Andor

A tipográfia és a grafika Marton Andor munkája

Kiadványszám: 2911

Megjelent 14,3 (A/5) ív + 1 ív melléklet terjedelemben

Printed in Hungary



Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	9
Előszó (Robert S. Dixon)	11
Bevezető helyett néhány szó a SETI-ről	15
1. A kérdés	19
2. Felső határok	27
3. Mely bolygókon fejlődhet ki az értelmes élet?	37
4. Az idegen intelligencia kutatása	68
5. Az ősidők asztronautái... meg effélék	94
6. Elérhetik-e az ETI-k a Naprendszert?	106
7. A gyarmatosítási tényező	114
8. Idegen szondákat keresünk	131
9. Kutatás — más módszerekkel	141
10. A SETI és az ember helyzete	154
A SETI-vel foglalkozó olvasmányok és szervezetek	159

Idős édesanyámnak és nénikémnek, akik azt hitték, hogy az „extra-terresztriális valami gyomorral kapcsolatos dolgot jelent”... és feleségemnek, Patriciának, akinek a segítsége nélkül már évekkel ezelőtt befejeztem volna ezt a könyvet!

Köszönetnyilvánítás

„Szerintem mindenki tartozik valamivel a szakmájának” — írta Francis Bacon (1561—1626). Ezzel a kijelentéssel nyilván kivétel nélkül egyet-
értenek azok, akik tudományos kérdésekről írnak. Így vagyok ezzel én
is: akár az egész könyvet teleírhatnám köszönetnyilvánítással, de tömör-
ségre kell törekednem.

Ezért azoknak mondok köszönetet, akik nagylelkűen, idejüket, ener-
giájukat nem kímélve segítettek e könyv megírásában. Csak néhány név:
Greg Barr, National Space Society; dr. F. Biraud, Observatoire de Paris;
Stuart Bowyer professzor, University of California; dr. George Gate-
wood, University of Pittsburgh; Hans Klapdor professzor, Max-Planck
Institute for Nuclear Physics, Heidelberg; Gregg E. Maryniak, Space
Studies Institute, Princeton; J. William Schopf professzor, University of
California; Charles L. Seeger, SETI Institute, Los Altos, California;
Jaqueline Souras, California Institute of Technology, Infrared Process-
ing and Analysis Center; dr. Jill Tarter, University of California.

Sok segítséget nyújtottak többek között az alábbi intézmények mun-
katársai: British Museum (Natural History), London; Centre National
de la Recherche Scientifique; Jet Propulsion Laboratory; Martin Marieta
Corporation; Science and Engineering Research Council.

Hálával tartozom fényképek és ábrák közléséhez hozzájáruló ma-
gánszemélyeknek és intézményeknek. Ezúton szeretnék köszönetet mon-
dani Frances Payne művésznőnek kitűnő munkájáért.

Köszönöm szerkesztőm, Stuart Booth bölcs tanácsait, amelyekkel
mindvégig rendelkezésemre állt e könyv megírása során. Végül külön
köszönöm dr. Robert Dixonnak, a világ első működő SETI-programja
vezetőjének, hogy elolvasta a könyvet, és megírta hozzá az Előszót.

*

A színes és fekete-fehér illusztrációkért a következő intézményeknek
és személyeknek illeti köszönet: National Museum of Natural Sciences,
Ottawa, 1. és 2. kép; British Museum (Natural History), 3. kép; George
Pilleri professzor (University of Berne), 5. kép; European Southern
Observatory, 7. kép; Science & Engineering Research Council, 6. és 9.

kép; dr. Hilary Evans, 13., 14. és 24. kép; J. William Schopf professzor, 8. kép; dr. John Cope (University College of Swansea), 10. kép; Jet Propulsion Laboratory, 12. kép; Richard Terrile és Bradford Smith, 6., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 22. és 23. kép; NASA, 19., 22., 23. és 27. kép; Stuart Bowyer professzor (University of California), 20. kép; dr. F. Biraud (Observatoire de Paris), 21. kép; SETI Institute, 25. kép; Martin Marietta Corporation, 26. kép; National Space Society, 27. kép.

Az ábrák közléséért pedig a következő intézményeknek és magánszemélyeknek tartozunk köszönettel: *Icarus*, 5. ábra; *Sky & Telescope*, 6. ábra; *ICI Magazine*, 8. ábra; NASA, 16. és 27. ábra; Centre National de la Recherche Scientifique, 18. ábra; Jet Propulsion Laboratory, 19. kép; Cornell University (Frank Drake és Carl Sagan), 20. ábra; Hughs Research Laboratory, 21. ábra; Gerard O'Neill professzor, 22., 23., 24. és 26. ábra; Synergetic Press Inc., 26. ábra; Sidgwick & Jackson Ltd (Robert K. G. Temple *The Sirius Mystery* c. könyvéből) 28. ábra.

Előszó

A SETI tudománya még a kezdeteknél tart, ha figyelembe vesszük, mennyi feladatot látnak még maguk előtt a témával foglalkozó tudósok. Bár számos olyan vizsgálatot végeztek már, melyekkel a Földön kívüli értelem létezését igyekeztek bizonyítani, maguk a szakértők is elismerik, hogy még sok alapvető kérdés vár válaszra. Gigászi mértékű kutatásra van szükség, és lehet, hogy a tudósok több generáción keresztül végzik majd ezt a munkát. A hosszú idő alatt alapkövetelmény a türelem és az állhatatosság, mert nem valószínű, hogy gyors sikerre számíthatunk.

A SETI ma a legkedvezőbb pillanatban van ahhoz, hogy nagy ugrást tegyen előre. Az ember zseniális elektronikai találmányai nyomán egyre hatékonyabb, s ugyanakkor egyre olcsóbb eszközöket alkalmaznak a távközlés és a számítástechnika területén, és a SETI éppen ezt igényli. Valóban szerencse, hogy ezeket az eszközöket éppen akkor sikerült létrehozni, amikor a legégetőbb szükségünk van rájuk. A számítástechnikában rejülő lehetőségeket használják ki mind a Harvardon folyó, mind pedig a NASA által tervbe vett kutatóprogramok. A jövőben a nagyobb hatékonyság érdekében a vizsgálatok során párosul majd a modern számítástechnika és távközlési technika.

Minden próbálkozásnak megvannak azonban a maga visszahúzó erői. A háttérben olyan — egyébként jól képzett — emberek szapulják a témát, akik nem vették a fáradságot arra, hogy elmélyedjenek a szakirodalomban, és nem törődnek az olyan elismert világszervezetek állásfoglalásaival sem, mint a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) vagy a Nemzetközi Űrhajózási Szövetség (IAF). Vannak, akik azt hiszik, hogy a múltbeli kutatások szárnypróbálgatásai döntő jelentőségűek voltak, ezért fel kellene hagynunk ezzel a tevékenységgel. Néhány komoly kutató is akad, aki úgy véli, hogy pusztán elméleti úton is megoldható a probléma, és felesleges minden gyakorlati kutatás és kísérlet. Szerencsére a tudósok soraiban sok tevékeny embert is találunk, akiket nem elégit ki a többiek kényelmes semmittevése, és nyomást gyakorolnak a kutatások folytatására.

Ha a SETI esetében csak egy másik civilizáció felfedezését könyvelnénk el sikerként, akkor túlságosan felületesen értelmezzük a meghatá-

rozást. A sikernek sokkal mélyebb, kevésbé látványos összetevői is vannak. Csaknem magától értetődő, hogy minden nagy horderejű tudományos felfedezés nyomán számos olyan jelenségre bukkanunk, amely addig ismeretlen volt számunkra (például a pulzárokat mind a rádiócsillagászok, mind az optikai távcsövekkel dolgozó csillagászok felfedezhették volna, de senkinek sem jutott eszébe, hogy pulzáló jeleket keressen). Minthogy a SETI otthonos az elektronika birodalmában, olyan új technikai megoldások kialakításában is része van, amelyeket a csillagászat egyéb területein és más tudományágakban is alkalmaznak. A SETI mélyebb értelemben mindenekeelőtt gondolkodásra készíti az embert, s ugyanakkor befolyásolja is gondolkodásunkat. Még ha soha nem is észlelünk semmiféle Földön kívüli jelet, a SETI akkor is állandó szellemi hajtóerőt jelent mindenkinek, aki megkísérli megtalálni a saját vagy tágabb közössége helyét a világegyetemben. Ha az emberiség felül akar kerekedni saját belső vizályaiban, és egész bolygónkat átfogó civilizációt akar teremteni, akkor nagy szüksége van a helyes szemléletre. Ha ez nem történik meg, és ez a felfogás általános lesz, akkor a SETI sohasem érheti el a célját felületes értelemben, mert nem létezhet egyszerre két civilizáció. Ha viszont bekövetkezik ez a kedvező fordulat, akkor a SETI a legmélyebb értelemben máris sikert aratott, és lehetséges, hogy a felületes értelemben is.

Az Ohio Állami Egyetemen 15 éve folyik ilyen jellegű kutatás. Ez idő alatt sok olyan jelet fogtunk, amelynek eredetét nem sikerült tisztáznunk. De a „megmagyarázhatatlan” nem jelent szükségszerűen „más civilizációból származót”. Nem tudjuk, vajon csakugyan egy másik civilizációból vagy pedig a saját civilizációból érkeztek-e, és az is lehet, hogy egyáltalán nem is civilizációból erednek. Az a fő probléma, hogy a jelek csak egészen rövid ideig foghatók, ami nem elég ahhoz, hogy megállapítsuk, pontosan hol van a forrásuk. Az utóbbi időben folytatott kísérletek során megpróbáltuk pontosabban bemérni ezeket a jeleket, de semmire sem jutottunk. Más kutatók is bukkantak hasonló jelekre.

Ezek a megmagyarázhatatlan jelek arra készítetnek bennünket, hogy hagyományos kísérleti berendezéseinket kiegészítsük néhány új eszközzel, amelyeket csakis akkor állítunk munkába, ha észlelünk valamilyen jelet. Ez adaptív stratégia; a jeleket közvetlenül felfedezésük után vetjük alá tüzetes vizsgálatnak, amikor még érzékelhetők. A rendes kutatást ez idő alatt addig szüneteltetjük, amíg szükséges. Amikor önök ezeket a sorokat olvassák, mi már valószínűleg ezt az új módszert alkalmazzuk.

Hosszabb távú terveink között szerepel a SETI-programok következő generációjának beindítása; a tervezőmunkát már megkezdtük. Egy tisztán elektronikus távcső (ne gondoljanak roppant acélszerkezetekre) az egész égboltot egyszerre figyeli majd. Ezáltal nem lesz többé szükség arra, hogy egy távcsövet egyetlen meghatározott pontra szegezzünk, s közben elszalasszunk valamely érdekességet az égbolt más részén. Ezt az

új szerkezetet Argus-távcsőnek nevezünk, arról a százszemű mitológiai lényről, aki egyszerre százfelé tud nézni. Az is érdekes, hogy Arthur C. Clark* egyik művében éppen az Argus nevet adta egy ugyanilyen tulajdonságokkal rendelkező SETI-teleszkópnak. E sorok írása idején már sikerrel üzemeltetjük az Argus egy kisebb, kísérleti változatát, és jelenleg keressük azokat, akik támogatni tudnak bennünket egy nagy távcső megépítésében.

Azt hiszem, ez a könyv gondolatébresztő indítást jelent a SETI mai tudományos helyzetének megismeréséhez. Edward Ashpole józan látásmóddal, egészséges szkepticizmussal szemléli az UFO-val és más hasonló, perifériális témákkal kapcsolatos problémákat. Számos új, saját elképzelésének is hangot ad. Ez a könyv nemcsak az érdeklődő olvasók, hanem a tudósok figyelmére is joggal tarthat számot.

Columbus, Ohio, 1988. szeptember 19.

Robert S. Dixon

*Népszerű sci-fi író. (A lektor.)

Bevezető helyett néhány szó a SETI-ről

Jóllehet az életről és a világegyetemről alkotott képünk messzemenően átfogóbb, mint bármely korábbi generációé, ezt a tényt sokszor nem értékeljük kellőképpen. Egy mulatságos példa: néhány évvel ezelőtt találkoztam egy szovjet űrhajózási mérnökkel. A londoni Orosz Kiállítás szovjet űrhajókat kiállító részlegében üldögélt; ekkor mutatták be először a szovjet űrjárművek teljes skáláját Nagy-Britanniában. „Sikeres volt a kiállítás?” — kérdeztem tőle, mire ő egy kicsit szomorúan válaszolt: „Errefelé nemigen érdeklődnek az emberek a világűr és az űrhajózás iránt. Azért vagyok itt, hogy válaszoljak a kérdésekre, és erre mit kérdeznek tőlem valamennyien? Azt, hogy meg tudnám-e mondani, merre találhatják a mosdót.”

Akárcsak az Orosz Kiállítás, ez a könyv is a nagyközönséghez szól. A világmindenséget és az űrutazást (valamint az életet is) úgy szemléli, hogy közben megkísérel választ adni a kérdésre: találhatunk-e bizonyítékokat a Földön kívüli értelem létezésére? De mielőtt még a csillagokból érkező adások után kezdenénk kutatni, előbb szemügyre kell vennünk a rendelkezésünkre álló információhalmazt. És itt van a közvetlen értéke annak, hogy egyáltalában felvetjük a Földön kívüli értelem létezésének lehetőségét és észlelésének módját. A szükséges háttérinformáció ugyanígy a tudománynak azokról a területeiről származik, melyek a legtöbbet tesznek a saját helyzetünk tudatosításában. Nagyon gondosan meg kell vizsgálnunk magunkat, ha azt véljük, hogy máshol is kifejlődhetett valami hozzánk hasonló. És ahhoz, hogy megjósolhassuk, mit várhatunk világűrbeli vizsgálódásaiktól és galaxisközi információadásuktól, saját viselkedésünket, saját fejlődésünket kell figyelembe vennünk.

Az utóbbi években sok cikk, sok könyv szólt az „idegen világokból érkező látogatókról”, bár a legtöbbjük olyan elképzeléseket ad közre, amelyekben egyértelműen megnyilvánul az emberi agy mítoszgyártó hajlama. Beszámolnak arról, hogy emberszabású idegenek szállnak le repülő csészéaljaikkal mindenfelé a Földön. A bibliai idők „tűzsekereken” érkező angyalaiból atommeghajtású űrhajókkal száguldozó Földön kívüli látogatók lettek. A látogatásokról szóló jelentések természetesen mindig megfelelnek az adott kor kulturális környezetének és hiedelemvilágának.

A „másik világból érkezett látogatókról” írott népszerű beszámoló szerzői mindenfelé felcsigázták az emberek érdeklődését, de elhanyagolták a kérdés tudományos oldalát. Pedig hát az életről és a világmindenségről szerzett ismereteink tükrében az „idegen látogatókról” szóló történetek a legjobb esetben is felettébb kétségesnek, rosszabb esetben viszont teljességgel nevetségesnek hatnak. Ez az egyik oka annak, hogy manapság jószerivel semmi kapcsolat nincs a repülő csészéaljra alapuló látogatásokban hívők és az erőteljes rádióteleszkópos kutatást szorgalmazó tudósok között, akik bizonyítani szeretnék esetleges Galaxisbeli szomszédaink létezését.

Igen jelentős előrelépés történt a tudományos hitelesség tekintélyének megítélésében. Alig több mint egy-két évtized leforgása alatt alaposan megváltozott a Földön kívüli értelem kutatása (az angol kifejezés elfogadott rövidítése a SETI), ma már nemcsak a tudományos-fantasztikus irodalom művelői, hanem a tudomány számára is központi kérdés. Napjainkban a legkülönbözőbb tudományágak kitűnőségei találkoznak a nemzetközi SETI-konferenciákon.

Jómagam már ifjúkoromban, a II. világháború kezdete előtt érdeklődtem az idegen világok élőlényei iránt. A helyi moziban minden szombat délelőtt megnéztem egy epizódot a Flash Gordon című sorozatból. A film főhőse számára igen egyszerű dolog volt az őrutazás, amelynek módja ugyancsak távol esett a jövő várható realitásától. Csak úgy, minden előkészület nélkül utazgatott a bolygók között. Egy bamba tekintetű öreg tudós, aki mellesleg teljesen örült volt, egy űrhajót épített a hátsó udvarában, és legénységet is toborzott hozzá. (Akkoriban a filmekben kizárólag öreg és örült tudósok szerepeltek.) El is indultak, hogy megmentsek a világot, vagy valami hasonlóan nagy hőstettet vigyenek végbe. Minden esetben ott volt velük egy bájos nőszemély is, akit Flash Gordon mindahányszor megmentett az ádáz marslakók és idegen szörnyek nemkívánatos közeledésétől.

A meglátogatott bolygókat éles fogaikat csattogtató őskori hüllők és a *Homo sapiens*hez megtévesztésig hasonlító lények népesítették be. A *Homo sapiens*ek annak rendje és módja szerint két csoportra, „jókra” és „rosszakra” oszlottak, és a haditechnikai eszközök különös keverékeivel (kardokkal és sugárfegyverekkel) harcoltak egymással. Flash Gordon az átlagűrhajósokkal ellentétben remekül forgatta a kardot. Amikor a *Homo sapiens*ek nem egymás ellen harcoltak, akkor a hüllőkkel hadakoztak. Egy kisfiúnak hatalmas élmény volt egy-egy ilyen ilyen epizód, és én sohasem hagytam ki egyetlen szombat délelőttöt sem.

Volt azokban a háború előtti időkben egy *Modern Wonder* (*Modern csoda*) című magazin; ennek már több köze volt a tudományhoz. Erre a folyóiratra a szomszéd fiú eladott nekem egy előfizetést. A lap egészségesen pezsgett a csillagászat és a tudományos-fantasztikus irodalom híreitől, de voltak evilági témái is, írt például a telefon meg a villanymozdony

működéséről, de azokat a cikkeket én sohasem olvastam el. Egy telefonkészülék vagy egy mozdony belseje valahogy sohasem érdekelt annyira, mint azok a Varangyok, akik egy picike bolygón élnek a Hold állandó takarásában. Akkoriban még akármit el lehetett rejteni a Hold mögé, és nem kellett attól tartani, hogy a NASA legközelebbi expedíciója megcáfolja majd az elméletet.

Csak töredékesen emlékszem a *Modern Wonder* írásaira, többek között egy, a jövőt firtató cikksorozat egyik részére. A cikkíró felvetette a kérdést: „Mikor jut el az ember a Holdra?”. Akkor (1938-ban) 1968-ra jósolta az első holdutazást! Azzal már túllőtt egy kicsit a célon, amikor azt feltételezte, hogy rövidesen mindenki számára elérhető lesz a holdutazás, akárcsak egy menetrend szerinti repülőút Londonból New Yorkba; de akkorát mégsem tévedett, mint annak az 1937-es washingtoni szimpóziumnak a résztvevői, akik arra jutottak, hogy sohasem repülhetünk el a Holdra. A tizenegyedik Királyi Csillagász, Sir Richard Woolley még az űrkorszak beköszöntekor is úgy vélekedett, hogy az emberi űrutazás egyszerűen „ostobaság” (ebből kifolyólag egyik beosztottja úgy programozta be az Observatórium számítógépét, hogy elégtelen adatok betáplálása esetén a gép az „ostobaság” szóval válaszoljon). Emlékszem a *Modern Wonder* egyik illusztrációjára, amelyen sorban álltak a holdbuszra várakozó emberek; erre én gyors számításokat végeztem a konyhaasztalon, hogy megállapítsam, vajon a világon lesz-e még 1968-ban — no nem azért, hogy én is beálljak majd abba a bizonyos sorba, inkább csak azért, hogy megtudakolhassam a többiektől, milyen volt a Holdon.

A Hold rettentően fontos az emberi faj számára. Minden másnál jobban inspirál a világűr megismerésére. Épp elég messzi és egyben épp elég közel is van ahhoz, hogy megfelelő kihívásnak bizonyult annak idején Kennedy elnök számára, aki valami izgalmas vállalkozást keresett, hogy felrázza az amerikai népet. A Hold remek ugródeszka a Naprendszerbe, és az a civilizáció, amelyik nem rendelkezik holddal, sokkal lassabban tenné meg a világűr felé vezető első lépéseket.

De még a *Modern Wonder* idején is halott világnak tekintették a Holdat. Csillagászati érdeklődésem középpontjában ugyanaz állt, ami miatt a régivágású sci-fi írók is kitekintettek az univerzumba: élet az idegen világokon. Egyedül a csillagászat kínált lehetőséget arra, hogy más világokról is tudomást szerezzünk, és akkoriban csak a csillagászok latolgatták népszerű-tudományos könyveikben a Földön kívüli élet eshetőségét. A biológusoknak még csak eszükbe sem jutott ilyesmi. Épp elég volt nekik a földi élet. És a legtöbb ember — Kopernikusz négy évszázaddal ezelőtti erőfeszítései ellenére — még mindig a Földet tekintette a világmindenség középpontjának. Senki sem gondolta, hogy néhány év múlva a tudomány és a technika már a közeli bolygókat vizsgálja, és Földön kívüli élet nyomai után fog kutatni. Egy jó nevű csillagász ezt írta a Vénuszról 1957-ben, az első Szputnyik felbocsátásának évében:

„Talán sohasem tudjuk meg, milyen a bolygó felszíne az áthatolhatatlan porfelhő alatt.” Tizennyolc évvel később a szovjet Vénusz—9 és Vénusz—10 jelű űrhajó ott gubbaszt a bolygó sziklái között, és fényképfelvételeket készít. Azóta a szovjetek újabb fotókat készítettek, az amerikaiak pedig egy Vénusz körüli pályán keringő űrállomásról radar segítségével feltérképezték a bolygó felszínét.

A csillagászok olyan alapvető ismeretekhez jutottak, amelyek nélkülözhetetlenek mindazok számára, akik más bolygókon kutatják az élet nyomait, de a biológusoknak legalább annyi közülük van a témához. Csakhogy a legutóbbi évekig nem sok biológus gondolkodott a Földön kívüli életről, s ezért sokáig nem éreztük át bizonyos problémák felvetésének elismerését. Gondoljunk például arra, milyen rettenetesen hosszú idő alatt zajlott le Földünkön a szerves élet evolúciója, s hasonlítsuk ezt össze a technikai civilizációnk kezdete óta eltelt rövidke idővel, és máris látjuk, hogy egy fejlett Földön kívüli értelem és technika ijesztő, sőt fenyegető kilátásokkal kecsegtet. Ha pedig az emberiségnek a kozmikus skálán elfoglalt helyéről kezdünk elmélkedni, akkor arra a következtetésre kell jutnunk, hogy nagyon-nagyon alacsonyan vagyunk még ezen a képzeletbeli skálán, valahol legalul a technikai civilizációban élő fajok sorában. Ha kitekintünk a világűrbe, lassan úgy érezzük magunkat, mint Sir Fred Hoyle „tökéletes tökehalai, amelyek úgy úszkálnak a yarmouthi móló közelében, hogy közben halvány fogalmuk sincs arról, mi történik Yarmouthban”.

Szerencsére ez az érzés sohasem kerítette hatalmába a tudományos-fantasztikus írókat. Találkoztak már önök olyan űrutazó regényhőssel, aki aggályoskodott volna IQ-ja* kozmikus viszonylatban elfoglalt értéke miatt? Flash Gordontól a *Star Trek* Kirk kapitányáig egyetlen űrregényhősben sem merült fel soha az a gondolat, hogy netán ők lennének túl primitívek az X bolygó lakosaival való kapcsolatfelvételhez.

Meddig kell még szembenéznünk ezzel az aggasztó problémával? Mikor fedezzük már fel valamilyen Földön kívüli intelligencia nyomait és alkothatunk képet arról, hogy nekünk, embereknek hol a helyünk a világban? Talán sok-sok generáció számára marad még elérhetetlen az igazság, mindaddig, amíg a tudomány és a technika előrelépése végre meg tudja adni a választ. Az is lehet, hogy már csak egy hajszál választ el minket az igazság megismerésétől. Ez a könyv egész sor különböző válasz lehetőségét tárgyalja. Ezek mérlegelésével talán birtokába juthatunk az igazságnak, csak persze nem tudhatjuk, melyik is az a sok verzió közül.

Most vizsgáljuk meg részletesebben a könyv alapkérdését: „Hol vannak a többiek?”

*Intelligencia-foka (Intelligence Quotient). (A lektor.)

A kérdés

Egy napon Enrico Fermi, a nagy fizikust néhány barátja megpróbálta meggyőzni arról, hogy a miénken kívül csaknem korlátlan számú világ létezik, s ezekben mindenfelé jelen van az élet és a technikai civilizáció. „Rendben van — mondta erre Fermi —, de hol vannak a többiek?” Ez 1943-ban volt, és jóllehet azóta sok minden történt, ami alátámasztja az életben gazdag világegyetem elméletét, Fermi kérdésére máig sem sikerült felelni. De most már képesek vagyunk arra, hogy felkínáljunk néhány lehetséges választ, és a megfelelő technikai eszközök is rendelkezésünkre állnak ahhoz (elsősorban a rádiócsillagászat területén), hogy megkezdjük a feltételezett válaszlehetőségek mérlegelését. Az, ami egykor csupán szórakoztató elmetornának számított, ma is az, ma már azonban komoly tudományos és technikai alapokon nyugszik.

Fermi kérdése roppant idegesítő. Számos, a legkülönbözőbb forrásokból származó közvetett bizonyíték támasztja alá Földön kívüli élőlények és civilizációk létezésének valószerűségét; ugyanakkor közvetlen bizonyítékokkal eddig még senki sem tudott előállni. Nem mintha várható lenne, hogy a közeljövőben birtokába jutunk efféle bizonyítékoknak; a kutatás számos nehézséget tartogat, és éppen hogy elkezdődött.

Az Egyesült Államokban, a Szovjetunióban, Kanadában, Franciaországban és Nyugat-Németországban a rádiócsillagászok az elmúlt 25 év során mitegy 50 kutatási programot dolgoztak ki, és ezek közül több ma is folyamatban van. Egyelőre nem sikerült értelmes jelekre bukkanniuk, bár hamis hírek okoztak már néhányszor izgalmakat. Senki sem tudja, mikor koronázza siker próbálkozásainkat. Talán holnap, talán egy évtized, egy évszázad múlva, vagy csak a nagyon távoli jövőben, amikor már óriás távcsöveket telepítünk az űrbe.

Persze a hatékony kutatás érdekében meg kell kísérelnünk helyes választ adni a kérdésre. Jelenlegi helyzetünket jól példázza a következő egyszerű kis anekdota. Még a II. világháború előtt történt, hogy Winston Churchill egy este egy megoldatlan kérdéssel kapcsolatos hosszas, természetlen vita után elhagyta az Alsóházat. Clement Attlee, aki a történetet elmesélte, tekintetével kísérte a nagy államférfit. Ekkor megszólalt az egyik munkatársa: „Szerintem Winstonnak tízféle válasza is van erre a

kérdésre — és az egyik helyes!” Hát ilyen helyzetben van ma a SETI.* Tíz válasz áll készenlétben, és egyikük helyes lehet, de nem tudjuk, melyik. Talán még meg sem gondoltuk valamennyi lehetséges választ, de csak a jelenleg ismert fogalmakra támaszkodhatunk, és esetleg kialakíthatunk egy-két ellenőrizhető hipotézist — mert ne feledjük, hogy egy feltevés akkor emelkedik tudományos rangra, ha ellenőrizhető.

Más világok

Igen ősi az az elképzelés, amely szerint több lakott világ létezik; már a régi hindu teológiában megtaláljuk, de nem mindig örvendett nagy népszerűségnek. Giordano Brunót, a filozófust 1600-ban Rómában máglyára vetették az elmélet makacs hangoztatása miatt. Rudolf Thiel, a modern csillagászat történetével foglalkozó kitűnő kutató szerint Bruno „a tudomány fanatikus hírnöke, aki levonta a kopernikuszi rendszerből a logikai végkövetkeztetést, és elsőként ismertette meg velünk teljes egészében e világkép nagyszerűségét”. Bruno fejlesztette a legtovább a Kopernikusz munkássága nyomán keletkezett elméleteket, melyek ma is szerves részét alkotják világképünknek.

„Kopernikusz száműzte a Földet a világmindenség középpontjából — írja Thiel —, Bruno pedig a Nappal tette meg ugyanezt, miután ráérzett, hogy a mi Napunk csak egy a sok millió csillag között.” A csillagokról többé nem hisszük azt, hogy az egész világot magában foglaló éggömbhöz rögzített fénypontocskák, hanem tudjuk róluk, hogy egymástól roppant távolságra levő napok. Ezzel megszületett a térbeli végtelen fogalma.

Bruno idejében az emberek a Föld minden táján azt gondolták magukról, hogy ők az Isten vagy az istenek különleges teremtményei, és hogy velünk egyenrangú idegen lények nem létezhetnek. Ma csak egy világméretű közvéleménykutatást követően lehetne megmondani, hogy ezt a magunkról alkotott régi képet felváltotta-e már a több lakott világba vetett hit. Sohasem leszünk képesek bebizonyítani, hogy Isten különleges teremtményei vagyunk, de Bruno több lakott világot feltételező elméletét ellenőrizhetjük.

Bár nem biztos, hogy az ellenőrzés sikerrel jár majd, mindenféleképpen kapunk valamit cserébe. A vizsgálatok háttérében alaptudományok

*Amikor felmerült a lehetősége annak, hogy a Földön kívüli intelligencia kutatásában csillagászati eszközöket is használnak, először a CETI rövidítést használták. Jelentése: Communication with Extraterrestrial Intelligence, azaz Földön kívüli értelmes lényekkel való kommunikáció. Az utóbbi évek tapasztalatai azonban arra utalnak, hogy a „kommunikáció” kifejezés túlságosan is optimista, ezért a „kutatás” szóval helyettesítették, így ma már SETI-ről, a Földön kívüli értelem kutatásáról beszélünk. (Ahogy már a Bevezetőben is jeleztük, a magyar fordításban *is* ezt, illetve a Földön kívüli értelem helyett az ETI-t használjuk. — A lektor.)

állnak, amelyek ezer szállal kapcsolódnak az élethez és az univerzumhoz. Ezért, miközben Földön kívüli életről és idegen intelligenciáról elmélkedünk, óhatatlanul is alaposan megvizsgáljuk, hogyan viszonyul az ember ezekhez a dolgokhoz. Még ha nem is sikerül csillagokból küldött üzenetekre bukkannunk, akkor is nyertünk az ügyön: alaposabb fogalmaink lesznek az életről, a világmindenségről és saját magunkról.

Technika, evolúció és élettér

Ha becslésekbe próbálunk bocsátkozni a Földön kívüli civilizációk átlagos élettartamát illetően (az élettartam fontos tényező előfordulásuk gyakoriságának becsléséhez, tehát létük észlelésének esélyéhez), előbb meg kell vizsgálnunk saját túlélési esélyeinket. Ennek során a következő kérdéseket tesszük fel magunknak: „Vajon a technikai fejlődés a kipusztuláshoz vagy egy új aranykor felé vezet?” vagy „Irányíthatjuk-e úgy a technikai fejlődést, hogy növekedjenek túlélési esélyeink?” Ironikus, hogy a Földön kívüli élet jeleit keressük, ugyanakkor még sohasem forgott ekkora veszélyben saját fajunk léte, mint éppen most, amikor egyre inkább ellenezegül a fejlett technika az ember természetes ösztöneinek. Az a veszély fenyeget, hogy úgy járunk, mint az ír jávorszarvas, amely azért pusztult ki, mert feje nem bírta el a szarva súlyát.

De mekkora esély van arra, hogy valaha is léteztek a magunkéhoz hasonló, kapcsolatfelvételt szorgalmazó technikai civilizációk? Ahhoz, hogy megpróbáljunk választ adni erre a kérdésre, végig kell gondolnunk, mekkora szerep jutott a véletlennek abban, hogy mi most itt vagyunk.

Napjaink biológusai szerint az ember — csakúgy, mint az összes többi állat- és növényfaj — a véletlennek szülötte. Megszámálhatatlan véletlen esemény játszott közre abban, hogy most ilyenek vagyunk, és bizonyos, hogy nincsenek hozzánk hasonló lények máshol a világegyetemben — tartják az evolúciós elméletet valló biológusok. De az élet és az értelem sok-sok más formában létezhet. A galaxisoknak, a galaxisokon belül az egyes csillagoknak és maguknak az elemeknek a létrejöttékor ugyanazok a folyamatok mentek végbe, mint amelyek felépítették a molekuláknak a földi élet keletkezésekor kialakult bonyolult együttesét; mindezek a világegyetem és az anyag elidegeníthetetlen természetéből következnek. Ha van elég időnk — márpedig az univerzum rengeteg időt biztosít a számunkra —, akkor esetleg várhatjuk, hogy más bolygókon is kialakulnak technikai civilizációt teremtő lények, de egyikük sem lesz szakasztott másunk.

Hála Charles Darwinnak és az evolúciós biológusok négy generációjának, ma úgy tekintünk magunkra, mint egyetlen egyedi tulajdonságokkal rendelkező állatfajra több millió olyan, ugyancsak egyedi tulajdonságokkal rendelkező állat- és növényfaj között, amelyek egy kedvező

feltételeket biztosító bolygón fejlődtek ki az elmúlt négy milliárd év során. Azt viszont nem tudjuk, hogy négy milliárd év hosszú vagy rövid időnek számít-e ahhoz, hogy a szerves élet evolúciója során csak egyetlen, technikai civilizációt létrehozó faj fejlődjön ki, bár a Föld légköre evolúciójának elméleti kutatása lassan megérteti velünk, miért tartott az egész ilyen sokáig.

Lakható zónák

A bolygóatmoszférák és a csillagokat körülvevő úgynevezett lakható zónák evolúciójának matematikai vizsgálata azt mutatja, hogy a fejlett élet valószínűleg a Földünkhöz hasonló bolygókra és a Naphoz hasonló csillagokra korlátozódik. Az élet keletkezéséhez és bonyolultabb formákká való továbbfejlődéséhez szükséges fizikai és kémiai feltételek a jelek szerint csak a Földhöz hasonló tömeggel rendelkező bolygókon jöhetnek létre. (Erről később részletesebben is szólunk majd.) Ugyanakkor egy folyamatosan lakható bolygónak a Naphoz hasonló csillaggal kell rendelkeznie, melynek tömege 80-120%-a a Nap tömegének.

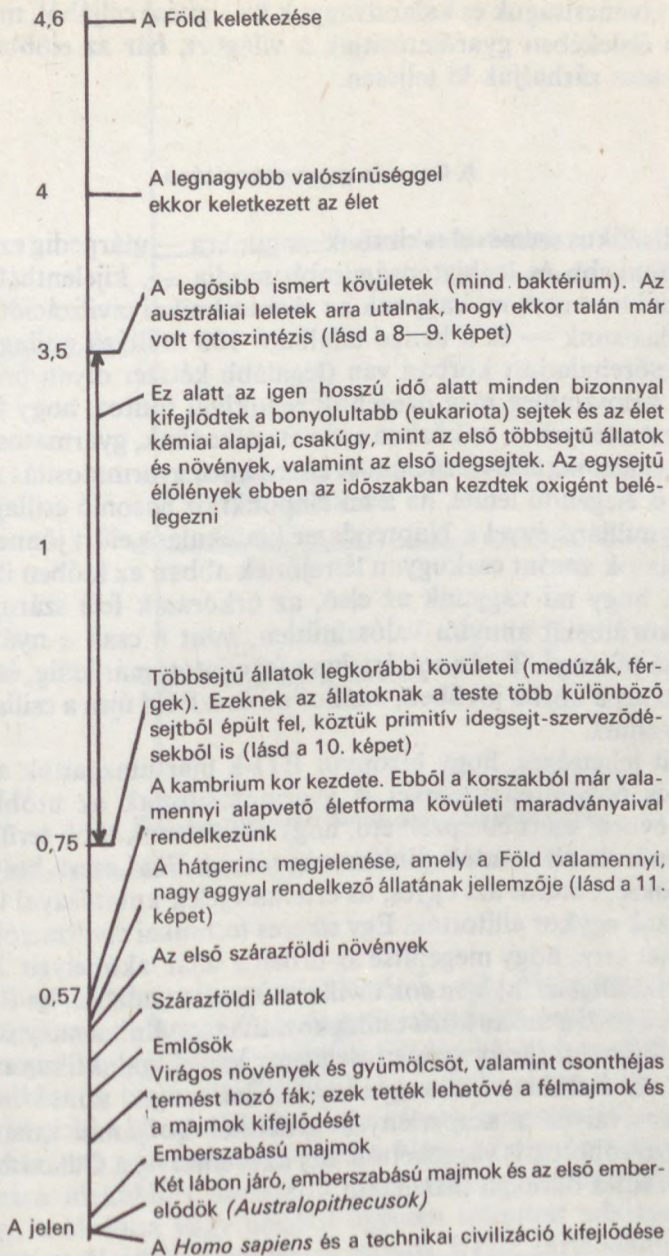
Azoknak a bolygóknak, amelyeken fejlett lények élnek, napközeli pályán, az úgynevezett „folyamatosan lakható zónában” kell tartózkodniuk. A legújabb elméleti kutatások szerint a Föld éppen a legjobb zónába esik. Ha csak egy kicsivel is közelebb lenne a Naphoz, akkor már igen korán kemencévé vált volna, mint a Vénusz. Ha egy picikét távolabb lenne tőle, az örök fagy birodalma lenne, mint a Mars. Éppen ezért nem olyan gyakori a Földhöz hasonló bolygók száma, mint ahogyan azt évekkel ezelőtt gondolták. Mindenesetre nekünk a következő kérdést kell feltennünk: elegendő-e ezeknek a bolygóknak a száma ahhoz, hogy a siker reményében kutathassunk más civilizációk jelzései után?

Az utóbbi években érdekes új elmélet született. Míg a csillagászok kutatásai afelé mutatnak, hogy talán sokkal kevesebb a Föld típusú bolygó, mint ahogyan azt korábban gondoltuk, mások szerint a Galaxisunkban esetleg létező civilizációk száma nem függ össze ezeknek a bolygóknak a gyakoriságával.

Gerard K. O'Neillnek, a Princeton Egyetem fizikaprofesszorának és kollégáinak úttörő munkássága alaposan megváltoztatta annak megítélését, hogy szükség van-e egyáltalában lakható bolygókra. Az úrállomások és űrgyarmatok kifejlesztésével kapcsolatos kutatásuk rávilágít az űrtechnika hatalmas lehetőségeire az emberiség jövője szempontjából, és nincs okunk, hogy kételkedjünk benne: saját jövőnk az űrben nem sokban különbözik más, technikai civilizációban élő lényekétől.

Így lassacskán kibontakozik előttünk az, ahogyan néhány ETI (Földön kívüli értelem) esetleg már kialakult, mert a technikai növekedés erejének velejárója, hogy az vagy elpusztítja a civilizációt, vagy pedig gyarmatosítja saját bolygórendszerét. Jó okunk van azt hinni — állítá-

Az idő milliárd években



1. ábra. Az élet történetének főbb eseményei

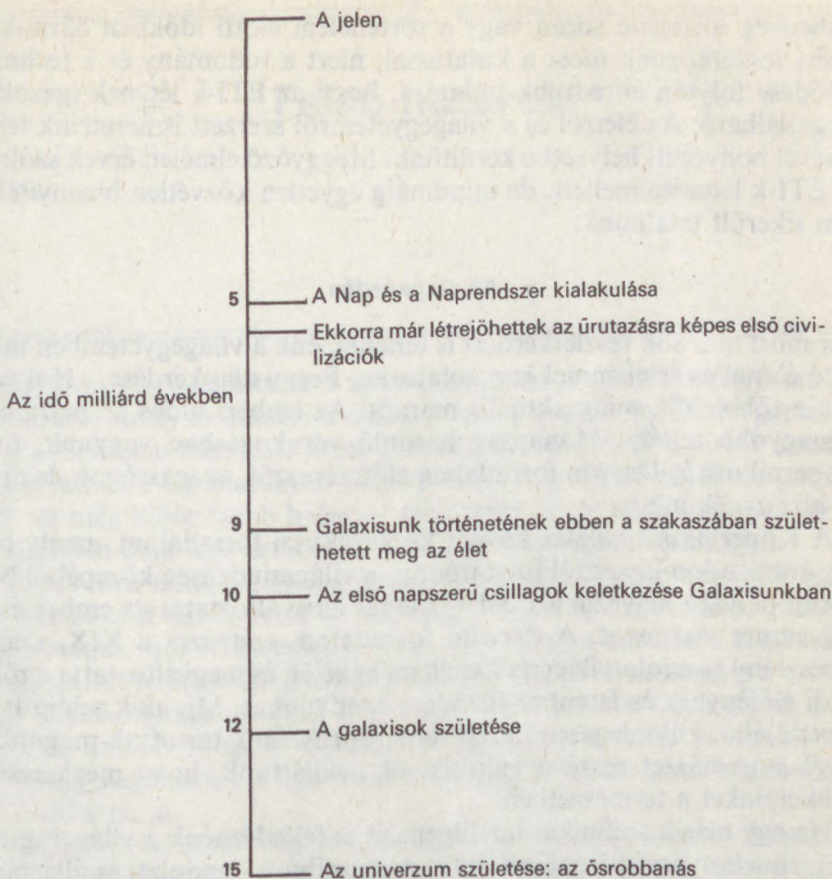
sunkat később részletesen megindokoljuk majd —, hogy az ETI-k nem annyira kíváncsiságuk és kalandvágyuk kielégítése céljából, mint inkább a túlélés érdekében gyarmatosítják a világuirt, bár az előbbi tényezők szerepét sem zárhatjuk ki teljesen.

A Galaxis gyarmatosítása

Ha a statisztikus szemével tekintünk magunkra — márpedig ez az értékelés legkönnyebb és legbiztonságosabb módja —, kijelenthetjük, hogy Galaxisunkban nem mi vagyunk az első technikai civilizációt létrehozó faj.* Galaxisunk — és a benne található 100 milliárd csillag egy része — igen előrehaladott korban van (legalább kétszer olyan öreg, mint a Nap, de valószínűleg még öregebb); rendkívül fontos, hogy figyelembe vegyük ezt a tényezőt, miközben azon elmélkedünk, gyarmatosíthatták-e már fejlett technikai civilizációk. A széles körű gyarmatosítás szempontjából az is elegendő lenne, ha a mi Napunkhoz hasonló csillagok mindössze egymilliárd évvel a Naprendszer kialakulása előtt jönnek létre, és a csillagászok szerint csakugyan létrejöttek abban az időben ilyen csillagok. Az, hogy mi vagyunk az első, az űrkorszak felé szárnyat bontó lények, körülbelül annyira valószínűtlen, mint a csak a nyár közepén megjelenő pillangó. Talán sok értelmes faj eljutott már idáig, és még több is elérheti ezt a kort a jövőben, amikor mi és a Föld újra a csillagközi por részévé válunk.

Így hát lehetséges, hogy bizonyos ETI-k már utazgattak a csillagok között, és bolygórendszereket is gyarmatosítottak az utóbbi néhány milliárd évben, ezért elképzelhető, hogy Galaxisunk több területét gyarmati ellenőrzés alá vonták. Ehhez még túl sok Föld-szerű bolygóra sem volna szükség, amint azt egyes, az értelmes jelek kutatásával foglalkozó csillagászok egykor állították. Egy sikeres technikai civilizációban élő faj képes lehet arra, hogy megépítse az űrben a saját lakóhelyeit. Ily módon egyetlen intelligens faj igen sok civilizációt is létrehozhat, ha űrtechnikája lehetővé teszi a széles körű csillagközi utazást. Én személy szerint nem tudom elképzelni, hogy szuperintelligens lények galaktikus utazásokra fecsérlik az életüket. De a gyarmatosítást magas szintű mesterséges intelligenciával és a szuperlények genetikai kódjának „másolatával” rendelkező robotok is végezheték. Így az eredeti faj a Galaxisban bárhol megalkothatta önmaga másolatait.

*Ebben a könyvben mindvégig következetesen nagy kezdőbetűvel használtam a „Galaxis” szót, amikor *saját* Galaxisunkra gondoltam, arra, amelynek nagy részét mi is látjuk és Tejútunk nevezzük. Elsősorban saját Galaxisunkban kell megvizsgálnunk az élet létezésének lehetőségét. Valószínűleg a világmindenség sok milliárd más galaxisában is van élet, de ezzel a gondolattal most még nem érdemes behatóan foglalkoznunk.



2. ábra. A Naprendszer meglátogatására elegendő az idő

Arra, hogy mindez mennyire valószínű, még visszatérünk. Azt is megvizsgáljuk majd, hogy a Galaxis gyarmatosítása összeegyeztethető-e azzal a ténnyel, hogy jelenleg semmiféle Földön kívüli értelem létezéséről nem rendelkezünk bizonyítékkal. Abból kiindulva, hogy a Naprendszer már rég nyitva áll a látogatók előtt, egyesek azt hangoztatják, hogy talán rábukkanhatnánk valamely ETI-knek a Nap és bolygórendszere tanulmányozására ideküldött szondáira vagy ezek maradványaira. Talán létezik egy, a Holdon vagy máshol ügyesen telepített adatbank; talán vannak arra utaló jelek, hogy jártak nálunk ETI-k történelmünk során vagy a történelem előtti időkben. Az is lehet, hogy egy napon teljesen váratlanul találunk valamilyen bizonyítékot.

Azt azonban nem szabad elfelejtenünk, hogy az ETI-knek és civilizációiknak ma semmivel sincs több okuk életjelt adni magukról, mint az

emberiség története során vagy a történelem előtti időkben bármikor. Azért foglalkozunk most a kutatással, mert a tudomány és a technika fejlődése folytán ébredtünk tudatára, hogy az ETI-k létének igazolása megtalálható. Az életről és a világegyetemről szerzett ismereteink fejlődésével bonyolult helyzetbe kerültünk. Meggyőző elméleti érvek szólnak az ETI-k létezéséről, de mindmáig egyetlen közvetlen bizonyítékot sem sikerült találnunk.

Az alapkérdés

Bár most már sok részletkérdést is feltehetnénk a világegyetemben található lételemmel kapcsolatosan, Fermi alapkérdése, „Hol vannak a többiek?“, máig aktuális maradt. Az emberi tudás számára ez a legnagyobb rejtély. Manapság hasonló várakozásban vagyunk, mint Kopernikusz és Darwin forradalma előtt: érezzük az igazságot, de nincsen rá bizonyítékunk.

A Kopernikusz halálát követő kopernikuszi forradalom, amely még egy évszázadon keresztül folytatódott, a világmindenség közepéből Nap körüli pályára helyezte a Földet, s ezzel megváltoztatta az ember és az univerzum viszonyát. A darwini forradalom szétzúzta a XIX. század keresztény gondolatvilágának szellemi békéjét, és megváltoztatta a többi földi élőlényhez és Istenhez fűződő viszonyunkat. Mi, akik addig Isten egyedülálló, különlegesen kezelt teremtményeinek tartottuk magunkat, ezzel a természet részévé váltunk, és nekiláttunk, hogy megkeressük gyökereinket a természetben.

Ha egy másik technikai intelligenciát is felfedeznénk a világegyetemben, ennek nyomán legalább olyan nagyszabású gondolati és álláspontbeli forradalmat élnénk meg, mint Kopernikusz és Darwin után, aminek a hatása még nagyobb is lehet. Hiába nevelkedünk hosszú évek óta tudományos-fantasztikus irodalmon, hiába szoktunk hozzá ahhoz, hogy a tudományos fantasztikum tudományos valósággá válik: ha ténylegesen tudomást szerezünk az ETI-k létezéséről, az Kopernikusz és Darwin felfedezéseinél jóval nagyobb sokkhatást váltana ki. Megint megváltozna az életről és a világegyetemről alkotott képünk, és elsősorban magához az emberi nemhez való viszonyunk. Ha bizonyosságot szerezünk afelől, hogy Naprendszerünk határain túl létezik egy bizonyos értelemben esetleg magasabb rendű, idegen intelligencia, akkor sokkal tudatosabban ítélnénk meg saját helyzetünket és sorsunkat.

Felső határok

A legtöbben úgy tekintünk a tudományra, mint a tudás kifogyhatatlan tárházára, amely az emberi civilizáció fennállása során mindvégig biztosítja a technikai haladást. A sci-fi irodalom művelői élen jártak ennek a gondolatnak a táplálásában. Lehet persze, hogy elpusztítjuk magunkat, mielőtt még különösebb haladást érhetnénk el, de ettől eltekintve jövő-képünkben csak úgy hemzsegnek a csodás technikai vívmányok.

Ráneveltek minket erre a gondolkodásmódra. Technikai fejlődésünk csecsemőkorát éljük, és az új tudományok, az új technikai vívmányok sorra maguk mögött hagyják az óvatoskodók és a borúlátók által előzőleg deklarált feltételezett határokat. A tudósok kíváncsisága és a mérnökök találékonysága diadalmas eredményeket hozott. Olyannyira, hogy kezdjük azt hinni, ez a folyamat örökké fog tartani, és semmi sem állíthatja meg technikai fejlődésünket; végül már jóformán minden lehetővé válik majd.

Néhány évvel ezelőtt Carl Sagan úgy vélte, hogy talán nem is tudnánk kommunikálni olyan civilizációkkal, amelyek akár csak ezer évvel is előttünk járnak a fejlődésben. A mi jelenlegi helyzetünk (vagy egy velünk azonos szinten álló faj helyzete) és a tudomány és a technika előrehaladása nyomán kialakult, ezer évvel későbbi fejlettségi szint között áthidalhatatlan lenne a szakadék. Sagan szerint mai szemünkkel mágiának látnánk a magasan fejlett társadalmak technikáját.

Nos, lehet, hogy Saganak igaza van. Lehet, hogy világegyetemünkben nincsenek határai az alkalmazható ismereteknek. Talán lehetséges a soha véget nem érő technikai fejlődés. De nekünk meg kell maradnunk emberi agyunk korlátai között. Ma a legtöbb csillagász és fizikus úgy véli, hogy a világegyetem távoli régióinak vizsgálata az univerzum véges voltára utal, márpedig egy véges univerzumban szükségszerűen az információ mennyisége is véges. Így véges lenne az anyag természetét leíró és viselkedését meghatározó erőkre és törvényszerűségekre vonatkozó információ is. Másrészt ez azt jelentené, hogy a tudásnak is, alkalmazásának is van egy felső határa: ezt a határt még a legértelmesebb faj sem lépheti át. Így a SETI-programok számára igen fontos, hol van ez a felső határ: viszonylag alacsonyan vagy elképzelhetetlenül magasan?

Tételezzük most fel egy pillanatra, hogy elképzelhetetlenül magasan van a tudásnak ez a határa! Ebben az esetben létrejöhetne a tudományos-fantasztikus művekből ismert sokszínű, elképesztő tudományos és technikai civilizáció, és sok Földön kívüli technikában csakugyan mágiát látnánk, bár kicsi a valószínűsége, hogy valaha is megláthatjuk ezeket a civilizációkat. De a szerves evolúció időskáláján 1000 év csak egy pillanat. Így ha nem sikerülne kapcsolatba lépnünk olyan ETI-kkel, akik legalább 1000 évvel előttünk járnak az időben, akkor gyakorlatilag nem is marad olyan civilizáció, amellyel kommunikálhatnánk. Ha vannak más bolygórendszerekben létesített ETI-kolóniák, akkor azok valószínűleg legalább 1000 évvel előttünk járnak. Lehet, hogy éppen a sok gyarmatcivilizáció létezése kínálja a legjobb alkalmat arra, hogy bizonyítékokat szerezzünk ezeknek az ETI-knek a létezéséről, de csak akkor, ha helytelen a tudomány és a technika jövőbeni korlátlan fejlődéséről alkotott elmélet. Minél alacsonyabban található a tudás felső határa, annál nagyobb esélyünk van arra, hogy bizonyítékok birtokába jutunk.

A feladathoz való jelenlegi alkalmazkodási sebességünk eredményeképpen talán már a következő néhány évszázad során szert teszünk azokra a természettudományi alapismeretekre, amelyek lényegesen új technikai megoldások kidolgozását teszik lehetővé. Röviden, meglehet, hogy a tudomány felső határa sokkal alacsonyabban van, mint ahogy azt korábban gondoltuk. Bizonyára teszünk majd még további felfedezéseket, de talán egyetlen korszakalkotó sem lesz már ezek között. Meg fogjuk talán ismerni az univerzum alapstruktúráját és működési mechanizmusát, amire ma olyan erőfeszítéseket teszünk. Ha ez sikerül, akkor a több mint 1000 évvel előttünk járó civilizációk technikáját nem látnánk annyira mágikusnak, s világuk kevesebb meglepetéssel szolgálna számunkra. Ebben az esetben, a legújabb jövevények kivételével, minden technikai civilizációban élő ETI ugyanazt a tudományt, ugyanazt a tudásanyagot alkalmazná, és a „technikai tökélynek” ugyanarra a szintjére törekednének. Így történelmük során igen hamar elérkeznének a tudományos és technikai fejlődés felső határára. Ez a helyzet — amennyiben megfelelő idő áll rendelkezésre — előbb vagy utóbb elkerülhetetlenül bekövetkezik az értelmes élet fejlődése során, függetlenül attól, hogy hol a felső határ: nagyon alacsonyan vagy netán olyan magasan, hogy jelenlegi emberi intelligenciánkkal sohasem érhetnénk el.

Az emberi agy korlátai

J. B. S. Haldane mondta egyszer: „Lehet, hogy a világegyetem nem egyszerűen különösebb, mint amilyennek képzeljük; talán nem is *tudjuk* elképzelni, mennyire különös.” Bizonyos értelemben igaz ez a mondás, és ezt rögtön beláthatjuk, ha végiggondoljuk, mennyire megváltoztatták

a világról alkotott képünket az elmúlt 100 év csillagászati felfedezései. A ma ismert univerzum minden bizonnyal „különösebb”, mint amilyenek bárki is elgondolhatta 100 évvel ezelőtt. De Haldane nem erre célzott. Ő azt akarta mondani, hogy az emberi agy kapacitása talán nem is elegendő ahhoz, hogy helyes képet alkothasson a világmindenség természetéről. Más szóval: elképzelhető, hogy a tökéletes megismerés küszöbe számunkra túlságosan magasan van. Persze nincs is okunk arra, hogy miért legyünk képesek felfogni az univerzumot. Azt nem találjuk furcsának, ha egy csimpánz — legközelebbi földi rokonunk — agya képtelen felfogni a világegyetemet. Akkor milyen alapon várnánk el, hogy a mi agyunk rendelkezék az ehhez szükséges roppant kapacitással. Végül is nem tagadhatjuk, hogy az emberi agy csak egy-két nagyságrenddel haladja meg a legfejlettebb majomfajok agyát. Az emberi agy háromszor-négyszer nagyobb az övékéénél, de az univerzum teljes megértéséhez valószínűleg sokkal több értelemre van szükség, mint amennyivel emberi lény valaha is rendelkezhet. Viszont az eddigiekből nem következik az, hogy — Haldane szavaival élve — az univerzumot soha semmilyen intelligencia nem lesz képes elképzelni. Attól, hogy számunkra túl magasan van a küszöb, a miénknél fejlettebb értelem még képes lehet a tudományos ismeretek összességének megszerzésére.

Olaf Stapledon, a misztikus és sci-fi történetek nagy írója, ezt írta 1937-ben a *The Star Maker*-ben: „És minden létezés célja ez: megismerni, csodálni a világmindenséget, és felruházni újabb szépségekkel...” 30 évvel ezelőtt, amikor elolvastam a *The Star Makert*, lemásoltam Stapledon szavait, de azóta elvesztettem már azt a füzetet. Így most az emlékezetemre hagyatkozom, és talán nem egészen pontosan idéztem, mindenestre sorai ma is igen közel állnak hozzám.

Az emberiség jövője

Meddig kell még fejlődnie az értelemnek ahhoz, hogy megismerhesse a világegyetemet? Nem tudjuk bizonyosan, eljuthat-e eddig a pontig az emberi intelligencia. Talán olyan magasan van a tudás felső határa, hogy a jövő legkiválóbb koponyáinak sem lesz meg az ehhez szükséges értelmi képességük. Másrészt viszont, a nagyon alacsonyan húzódó felső határ egészen más jövőt szabna számunkra, mint az igen magas felső határ.

Lehetséges jövők

Elmélkedéseink során, az emberiség lehetséges jövőjét kutatva, megpróbálunk rájönni, milyen jeleket kell keresnünk, ha Földön kívüli civilizációk nyomára szeretnénk bukkanni. Eközben az is kiderülhet, mekkora a

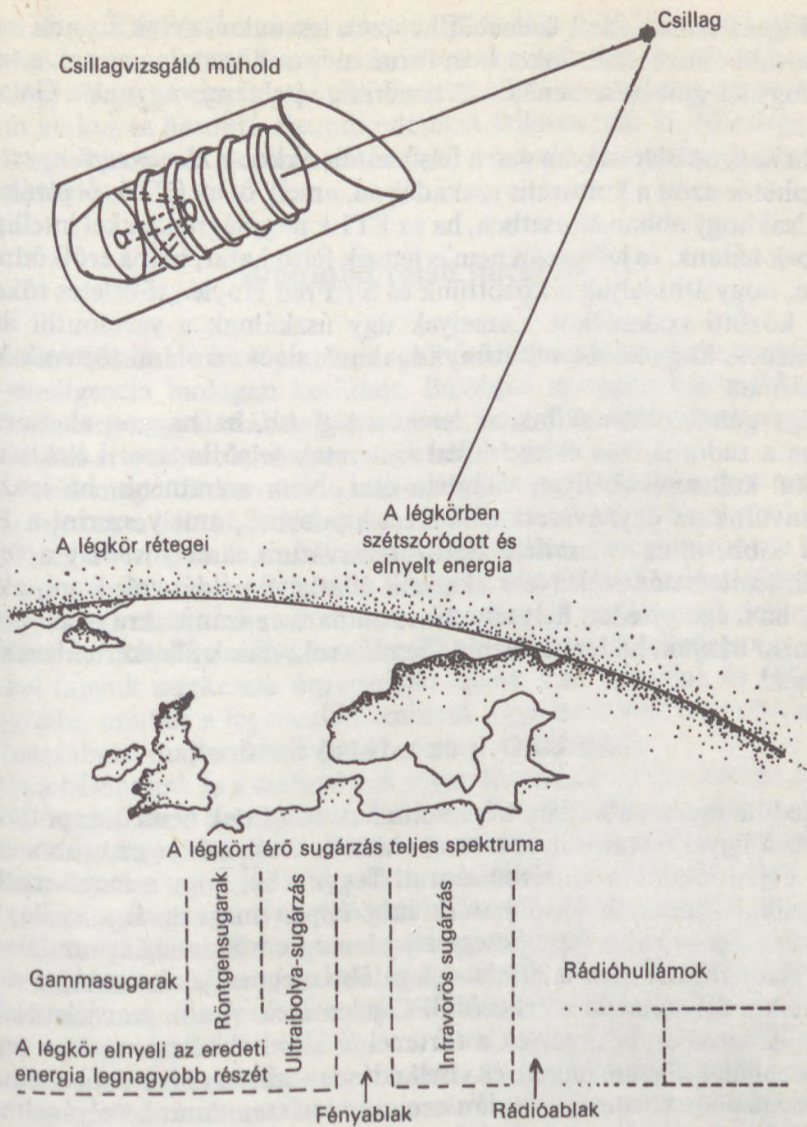
valószínűsége annak, hogy léteznek egyáltalán ilyen jelek, ami után kutatnunk lehet.

Alapvetően az emberiség az alábbi öt út egyikén haladhat a jövőben:

1. Rövidesen kipusztul.
2. A civilizáció elbukik, és visszatérünk a permanens barbarizmus korába.
3. Ciklikus jövő: barbarizmus — civilizáció — barbarizmus — civilizáció.
4. A tudomány és a technika fejlődése elér az alacsony univerzális felső határra vagy pedig egy olyan szintre, amelyet a *Homo sapiens* és leszármazottai már nem képesek felülmúlni. Ekkor stabil, hosszú konzolidáció korszaka köszönt ránk.
5. A folyamatos tudományos és technikai fejlődés során olyan civilizációs szintekre emelkedünk, amelyeket — ahogyan Haldane jósolta — sem mi, sem a jelenlegi emberi agy kapacitásával rendelkező lények nem érthetnek meg. Ez a jövő egy, a mainál jóval intelligensebb emberi fajt, egy talán teljesen más emberi lényt és magasan fejlett mesterséges intelligenciát ígér.

Az első három verzió természetesen minden technikai civilizációt létrehozó faj jövőképe lehet, mivel a technika a biológia sikerét hozza meg, elősegíti a túlnépesedést és megteremti az egyre pusztítóbb fegyverek előállításának lehetőségét. Ezért itt csak a két utolsó alternatívával kell foglalkoznunk. A sikeres technikai civilizációt teremtő fajok esetében — és ez mindenkire alkalmazható — a negyedik verzióval magyarázható, miért nem sikerült senkinek a Galaxis teljes gyarmatosítása (legalábbis ezt így tudjuk). Egyetlen fajnak sem sikerült felvonultatni azt az energiát és azt a technikát, amely ehhez szükséges lett volna, és ez a jövőben sem fog sikerülni senkinek. Igaz, ha szem előtt tartjuk saját gyors tudományos és űrtechnikai fejlődésünket, elkerülhetetlennek látszik, hogy más fajok létrehozhattak gyarmatokat. Az 1., 2. és 3. verzió nyilvánvalóan nem mozdítja elő a gyarmatosítást, de nem valószínű, hogy mindenkinek ez a sorsa. Ha csak egyetlenegy fajnak megadatott az 5. lehetőség az elmúlt néhány millió év során (és még a szándék is megvan bennük arra, hogy korlátlan tudományos és technikai lehetőségeiket civilizációjuk megismerésére és terjesztésére használják), akkor a gyarmatukká teheték volna a Galaxist.

A 4. változatban az igen alacsony tudományos és technikai felső határ sok izgalmas felfedezéstől fosztaná meg a tudósokat és a sci-fi irodalom olvasóit, de ugyanakkor ez számos előnnyel is járna. Nem létezne olyan Földön kívüli civilizáció, amely annyira messze hagyott volna minket maga mögött a fejlődésben, hogy végül ne lennénk képesek utolérni. Igen valószínű, hogy a csillagközi kommunikáció elektromág-



3. ábra. Az űrbéli sugárzás nagy része sohasem éri el a Föld felszínét és a csillagászok földön telepített teleszkópjait

neses sugarak (rádió, fény vagy az elektromágneses spektrum más része) útján valósul meg, mivel a világegyetem természeténél fogva jobb lehetőségek feltehetőleg nem kínálkoznak. Ezen azt értem, hogy fizikáknak nem lenne szüksége további néhány száz év fejlődésre ahhoz, hogy felfedezzessük azokat az ismereteket, amelyekkel a Galaxisunkban élő

intelligens szomszédok üzeneteit képesek leszünk észlelni. És ami a legfontosabb: önbecsülésünket nem törné meg minduntalan annak a tudata, hogy a legjobb esetben is csak tizedrangú polgárai vagyunk a Galaxisnak.

Ha nagyon alacsonyan van a felső határ, akkor a *Homo sapiens* esetleg átléphetne azon a kulturális szakadékon, amely őt az ETI-ktől elválasztja. Csakhogy abban az esetben, ha az ETI-k nagyságrendekkel intelligensebbek nálunk, és jóformán nem is létezik felső határ, hiába erőlködünk azon, hogy áthidaljuk a közöttünk és Sir Fred Hoyle „tökéletes tökehalai” közötti szakadékot, „amelyek úgy úszkálnak a yarmouthi móló közelében, hogy közben halvány fogalmuk sincs arról, mi történik Yarmouthban”.

Úgy gondolom, nekünk az lenne a legjobb, ha nagyon alacsonyan lenne a tudományos és technikai ismeretek felső határa. Lélektanilag sokkal kellemesebb ilyen világban élni. Nem szeretnénk, ha igaznak bizonyulna az úgynevezett „állatkert-hipotézis”, amely szerint a Föld nem több, mint valamiféle bolygórezervátum, amely védett a fejlett civilizációk hatásaitól. Nem akarunk állatkerti példányok lenni, akkor sem, ha mégoly védett helyzetet biztosítana is ez számunkra — no persze azt nem bánjuk, ha legközelebbi főemlős rokonaink állatkertekben sínylődnék!

Az UFO-k és a felső határok

Engedjük most szabadjára képzeletünket, és adjunk némi utánpótlást az UFO-k ügyét felkarolók számára, akiknek a véleménye az utóbbi években egyre inkább a háttérbe szorul! Tegyük fel, hogy a megszerezhető technikai ismeretek felső határa még éppen megengedi a csillagközi utazást. Ez — bár a repülőcsészealj-jelenségre mindmáig semmiféle fizikai bizonyítékot nem találtak — legalább megmagyarázhatná, min alapulnak a folyamatosan érkező UFO-jelentések. A sok ezer jelentésben, köztük azokban is, amelyek a történelmi időkből származnak, a repülő csészealjok külleme, mérete és viselkedése — néhány kivételtől eltekintve — meglepően hasonló. És talán nem minden szemtanút befolyásoltak az UFO-król szóló irományok — a történelmi időkben élt emberről ezt mindenestre elmondhatjuk. Hadd szárnyaljon hát szabadon elménk; tegyük fel, hogy azért hasonlítanak egymásra a repülő csészealjok, mert másutt már kifejlesztették az optimális szerkezetű és meghajtású űrjárművet, s talán már minket is csak néhány évszázad választ el ettől a technikától!

Tehát a repülő csészealjok egyszerűen csak tökéletes űrjárművek lennének? Elképzelhető, hogy a különféle biológiájú, különböző bolygókról származó okos lények mind az univerzum véges megismerhetőségét használták ki, és mind hasonló formájú és funkciójú járművek építéséig

jutottak el. Olyan lenne ez, mint a földi élet fejlődése; az élőlények minden esetben optimálisan hasznosították a környezet adta változókat, úgy, hogy az egymástól elkülönített állat- és növénycsoportok hasonló alakot és hasonló életműködéseket fejlesztettek ki. Mindegyikük elért egy bizonyos „technikai tökélyt” hasonló életvitelre és hasonló feladatokra.

Biológiai felső határok

Ezzel elérkeztünk a biológiai határok kérdéséhez, és most megvizsgáljuk az intelligencia biológiai korlátait. Biológiai szempontból mekkora a valószínűsége, egyáltalában lehetséges-e, hogy léteznek nálunk nagyságrendekkel értelmesebb, magasabb rendű lények?

Nézzük meg a földi evolúció során létrejött legfejlettebb aggyal rendelkező fajokat: a bálnát, a delfint és az embert! Láthatjuk, hogy ahol nincs lehetőség a technika és a civilizáció kifejlődésére, ott egy bizonyos határon megszűnik az agy evolúciója. A bálnák és a delfinek valószínűleg már évmilliókkal ezelőtt eljutottak erre a pontra. A palackorrú delfin ősei például már néhány millió évvel ezelőtt rendelkeztek jelenlegi agyméretükkel (agyuk szerkezete ugyanolyan fejlett, mint a miénk és 50%-kal nagyobb), amikor a legkorábbi emberek agya nem volt nagyobb a mai emberszabású majmokénál (lásd a színes mellékletet).

Ha a bálnáknak és a delfineknek olyan természeti környezetben kellett volna megállniuk a helyüket, ahol ebből előnyük származott volna, akkor még nagyobb agyat fejlesztettek volna ki, és még több intelligenciára tettek volna szert. De a bálnák is, a delfinek is rendelkeztek már azzal az agytérfogattal, amelyre életvitelükhöz szükségük volt. Persze agyuk látványos fejlődése főként azért ment így végbe, hogy a hangok segítségével „láthassanak” a víz alatti világban; ők ugyanis feltehetőleg úgy látnak odalent, ahogyan mi a szárazföldön fényes nappal.

Az emberi agy körülbelül 50 ezer évvel ezelőtt érte el a legfejlettebb állapotot. De a méret még nem minden. Az evolúciónak abban a szakaszában, amikor emberszabású majomból emberré váltunk, minden bizonyonnyal nagy hasznunkra volt az agyunk belső szervezésében bekövetkezett tökéletesedés. Például az, hogy a főemlősök két agyféltekéje már nem egymás tükörképe volt, hanem a két rész egyre eltérőbb funkciókat látott el, s ez felgyorsította őseink evolúcióját.

Nehéz elképzelni olyan természeti környezetet, melyben az embert fenyegető veszélyek hatására a jelenleginél sokkal jelentősebb szellemi teljesítmény alakulhatott volna ki. Az sem látszik valószínűnek, hogy természetes kiválasztódás útján létrejöhettek nálunknál sokkal intelligensebb lények. Magasabb intelligencia pedig csak akkor fejlődik ki, ha túlélési értéke is van.

Lehet, hogy valamivel magasabb értelmi szintre juthattunk volna, ha 10 ezer évvel ezelőtt nem teremtjük meg a mezőgazdaságot és az állattenyésztést? A választ az 50 ezer évvel ezelőtti, a mainál valamivel nagyobb térfogatú emberi koponyák adják meg: „valószínűleg nem”. Mindenesetre az intelligencia növekedésével egyre valószínűbb, hogy létrejön a civilizáció, amivel együtt jár, hogy a társadalom fejlődése véget vet a természetes biológiai fejlődésnek.

Ezért nem állíthatjuk, hogy a mai tudományos-fantasztikus irodalom egyes Földön kívüli szereplőinek szuperagya természetes fejlődés eredménye lehetne. Ha valóban léteznek ilyenek, akkor művi úton, biológiai mesterkedésekkel fejlesztették ki őket, vagy nem biológiai, hanem elektronikus agyacról beszélhetünk. De bármifélek legyenek is, bárhonnan eredjenek is a szuperagyak, szükség van az olyan, hozzánk hasonló szinten álló lényekre, akik elindítják létrehozatalukat.

Új emberfaj

Rálépne-e vajon az emberiség vagy a Földön kívüli értelmes lények egy csoportja erre az útra? A jövő generációi talán kénytelenek lesznek ilyen eszközökhöz nyúlni, amikor világuk kezeléséhez egyre összetettebb feladatokat kell majd megoldaniuk, de a magasabb értelemhez csak lassú átmenettel juthatunk el. Ha 1000 évente megkétszereződne az ember értelmi kapacitása, ez nem járna társadalmi, pszichológiai vagy személyi problémákkal, noha az időszak végén egy új *Homo* faj uralná a Föld nevű bolygót. Így mindent elsöprő önfenntartási ösztönünk sem akadályozná, hogy végül egy magasabb szinten álló emberi lény lépjen a helyünkbe.

Mindazonáltal biológiai szempontból egyetlen fajnak sem szabad túlzásba vinnie agyának mesterséges feljajítását. Csak azokat az adottságainkat szabadna tökéletesíteni, amelyek már most is megvannak agyunkban. Azt nem várhatjuk el, hogy mesterséges úton olyan új idegstruktúrát vagy olyan képességeket is ki tudunk fejleszteni, amelyek még embrionális formában sem léteznek az emberi agyban. Az ismeretlen és előre nem látható funkciókkal rendelkező új idegstruktúrák kizárólag természetes kiválasztódással jöhetnének létre, a természetes kiválasztódás pedig olyan folyamat, amelyben a legtöbb újdonság nem állja ki a környezet próbáját. Aligha hihetjük, hogy ez a kegyetlen vonás a szelektív fajnemesítés tudományában vagy a biológiai technikában is megvan. A folyamatban létrejött új egyedeknek erőseknek, egészségeseeknek kellene lenniük, és legalább egy hajszállal jobbaknak, mint az előző generáció. A természet által alkalmazott próbák és eliminálás módszerét, amelyben a hibásnak bizonyult példányok kíméletlen véget érnek, aligha

vehetné át egy humánus társadalom. Ezért csak arra hagyatkozhatunk, hogy javítani próbáljunk azon, amit a természet már létrehozott.

A „szuperagyak” megkonstruálásának másik lehetséges akadálya az emberi DNS (dezoxiribonukleinsav). A DNS mennyisége, amely az embert, agyának struktúráit és funkcióit határozza meg, esetleg nem lenne elegendő egy tervezett ilyen vagy olyan „szuperagy” létrehozásához. Az új képességekkel megáldott, nálunk jóval értelmesebb lényt a saját DNS-ünkkel kellene meghatároznunk, ami bizonyára biológiai képtelenség. A szuperagyaknak — ha a tudományos-fantasztikus regényeken kívül máshol is léteznek — nem protoplazma-alapokon kellene felépülniük. Elképzelhető, hogy egy elektronikus intelligencia tesz majd túl rajtunk, de egy ilyen teremtmény minden kétséget kizáróan maga lenne a technikai tökély.

A jövőendő elektronikus lényei

Az agy és az intelligencia határain elmélkedve nem mehetünk el a tudományos-fantasztikus könyvekben gyakorta feltett kérdés mellett: lehetséges, hogy a biológiai intelligenciát valaha felülmúlja az elektronikus intelligencia? Engedjük, hogy egy napon a robotok vegyék át az uralmat?

Amint azt már kifejtettük, elképzelhető, hogy megfelelően hosszú idő, mondjuk több tucat emberöltő leforgása alatt anélkül lép majd a helyünkbe egy magasabb rendű emberfaj, hogy ezzel szembekerülnénk önfenntartási érzékünkkel. Általában a szülők nem bánják, ha gyermekeik intelligensebbek náluk. De egy géppel szemben már nem szívesen vonulnánk vissza a háttérbe. Bár nem beszélhetünk egy magasabb rendű emberfaj nevében, annyit sejthetünk, hogy a mesterséges intelligenciának ő sem tenne nagyobb engedményeket, mint mi. Mert amennyire (genetikailag) domináns még bennünk a majom, annyit öriznek majd ők is a mi genetikai hagyatékunkból, azzal a kis plusszal kiegészítve, amitől magasabb rendűek nálunk. Ugyanígy minden biológiai úton, természetes kiválasztódás által kifejlődött ETI is megőrizné a génjeibe kitörölhetetlenül beépült önfenntartási ösztönt. Az elektronikus szuperagyakat azért teremtenék, hogy szolgálják őket, s azok csak valami véletlen folytán vehetnék át az uralmat.

Ezért az agyak számára alacsonyan van a biológiai felső határ, és csak a biológiai agyak ellenőrzése alól elővigyázatlaniságból kiszabadult vagy szándékosan kiszabadított elektronikus agyak rendelkezhetnének a tudományos-fantasztikus irodalom által megelőlegezett képességekkel, amelyeket kétségkívül sok más adottság is kiegészítene. Így az, aki uralma alatt tartja a Galaxist, és bolygóállatkertben őriz minket, csak olyan mesterséges intelligenciával rendelkezhet, amelyet a világegyetem történetének mai korában talán sohasem értenek meg a biológiai lények.

Az emberi agy, akárcsak bármely más, bárhol élő lény agya, irányított evolúció útján vagy más módon továbbfejlődhet, és szellemi életünk kapacitása és minősége elképzelhetetlen változásokon mehet keresztül. De még Galaxisunk legfejlettebb civilizációinak technikai fejlettsége is korlátokba ütközne, s ennek oka — végső soron — az univerzumban létező és alkalmazható ismeretek mennyisége. Mert bármilyen magasan van is, mindenképpen létezik a technikai és a biológiai fejlődés felső határa.

Most vizsgáljuk meg részletesen azt a feltevést, mely szerint elegendő számú Földszerű bolygó létezett már ahhoz, hogy némelyiken fejlett értelmes lények és civilizációk jöhessenek létre!

Mely bolygókon fejlődhet ki az értelmes élet?

Gerard O'Neill a jövő űrkolóniáinak technikai problémáit vizsgáló könyvében kifejti: nem szükségszerű, hogy az ETI civilizációk kizárólag olyan bolygórendszerben találhatók, amelyeknek lakható, a Földhöz hasonló, ún. „kék bolygón” több milliárd éven keresztül alakul ki és marad fenn az élet. Ezeknek a bolygónak a száma sokkal kisebb, mint ahogyan azt néhány évvel ezelőtt gondoltuk. Ma tudósaink kezdik azt hinni, hogy folyamatosan lakható bolygók (itt a *folyamatos* a kulcsszó) csak azok lehetnek, ahol kivételesen szerencsésen alakul a feltételek egésze. Sok bolygórendszer, amely kismértékben különbözik a Naprendszerétől, nem tud eleget tenni minden feltételnek, ezért nem válhat bölcsőjévé a születő és továbbfejlődő életnek.

ETI-k ennek ellenére ilyen bolygórendszerben is élhetnek, mivel ott is képesek megépíteni saját feltételeik szerint kialakított lakhelyeiket, ahol a rendszer egyetlen bolygóján sem alakult ki a szerves élet. Úgy tűnik, a legtöbb csillag tömege vagy túl nagy, vagy túl kicsi ahhoz, hogy közelében olyan bolygók jöjjenek létre, amelyek több milliárd éven keresztül lakhatóak maradnak. A Föld-szerű bolygók azok a ritka helyek, amelyeken szülehetnek technikai civilizációk, bár hosszú távú megmaradásuk és fejlődésük nincs feltétlenül biztosítva. A Holdhoz hasonló élettelen világokba valószínűleg nem telepítenének jövődőlő civilizációkat, inkább gazdag építőanyag-forrásként hasznosítanák őket.

De mi a Föld-szerű bolygók jövője? Egy technikai civilizációban élő sikeres faj egész bolygórendszerét gyarmatosíthatja — ezt bárki nagy bizonyossággal megjósolhatja —, de a más bolygórendszerbe történő vándorlás már egészen más dolog, mivel itt már szükségszerűen felmerül a csillagközi utazás problémája is. Mi most úgy látjuk, hogy egy egész bolygórendszer még a legdinamikusabb felfedezőnek is elegendő vállalkozási teret nyújthat, különösen akkor, ha a csillagközi utazás neki is akkora problémát jelent, mint nekünk. Mindenesetre igencsak valószínűtlen, hogy magasan fejlett intelligenciájú lények a csillagközi térben utazgatva fecsérelnék el az életüket, amikor magas színvonalú, automatizált űrhajók is megtehetik helyettük az utat, nekik pedig egy sor sokkal érdekesebb tennivalójuk akad otthon.

Tudjuk, hogy a mi bolygónk egy közönséges csillagból alakult ki, és hogy Galaxisunkban néhány milliárd, a világegyetem megfigyelésünk alatt álló részében pedig néhány milliárdszor ennyi hasonló csillag található. Úgy tűnik, hogy a bolygók kialakulása univerzális jelenség, és legalábbis jó néhány csillag fejlődésének velejárója. De ha figyelembe vesszük a csillagok képződéséhez szükséges anyag- és energiamennyiséget, a bolygók nem többek jelentéktelen törmeléknél. Ennek ellenére láthatjuk, hogy még a Naprendszeren belül is megismétlődik a bolygórendszer-jelenség. Vessünk csak egy pillantást a Jupiterre — valamikor úgy hívták, hogy a „bukott csillag” — és a körülötte keringő lenyűgöző világokra; nézzük meg a távolabbi gázóriásokat, a Szaturnuszt, az Uránuszt és a Neptunuszt meg a holdjaikat!

A gázóriások valószínűleg kevés változáson mentek keresztül keletkezésük óta. A Jupitert nagy tömege és a Naphoz hasonló összetétele miatt egyes csillagászok inkább csillagnak nevezték, mint bolygónak, habár tömegének még így is ötször ekkorának kellene lennie ahhoz, hogy felsorakozhasson a leghalványabb vörös törpék közé. Ez a csillag minimális tömege, ennek hiányában ugyanis nem áll rendelkezésre a hidrogén magfúziójához szükséges gravitációs nyomás és hőmérséklet.

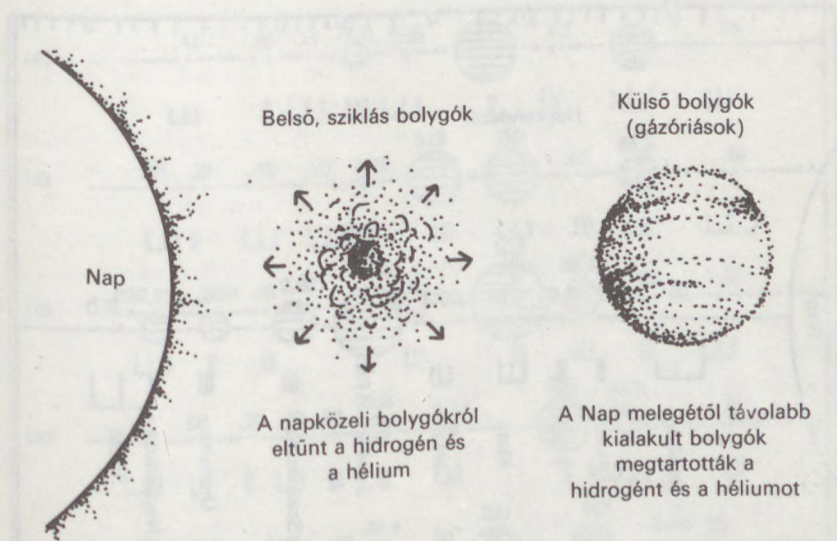
Míg a legtöbb csillagász úgy vélekedik, hogy a világegyetemben rengeteg csillagnak van bolygórendszere, magának a Naprendszernek az eredetét máig homály fedi. Többek között arra is vannak bizonyítékok, hogy egy szupernóva-robbanás következtében elszaporodtak bizonyos elemek abban a gázfelhőben, amelyből a Nap és bolygói kialakultak. (A szupernóva olyan csillag, amelyben a nukleáris üzemanyag elhasználódása után fellépő instabil állapotban katasztrofális robbanás következik be; a szupernóva néhány napon át elérhet a Napnál 100 milliószor fényesebb ragyogást is.) Sok csillagász azt a nézetet vallja, hogy egy szupernóva indította el a felhő összesűrűsödését, s ugyancsak ez a szupernóva dúsitotta fel benne azokat a nehézelemeket, amelyek szintézise csakis ilyen robbanások útján mehet végbe. Az elmélet mellett szól az a tény, hogy egyes meteoritok olyan anyagokat tartalmaznak, amelyek kb. egymilliárd évvel régebbiek, mint a Naprendszer.

A bolygók kialakulása

Foglaljuk össze röviden a bolygók kialakulásának általánosan elfogadott elméletét. Az ősnapot körülvevő gázkorong lehülésekor a korongot alkotó anyagok gáz halmazállapotából előbb folyékonyvá váltak, azután megszilárdultak. A bolygóképződésnek ezeket a kezdeti fázisait elméleti úton részletesen kidolgozták, és az elmúlt évek során a meteoritok tanulmányozásával a részfolyamatok sorrendjét is sikerült megállapítani.

Először a magas forráspontú fémek és vegyületeik kis gömbökké nőttek össze. Azután a szilikátok (oxigénből és szilíciumból álló vegyületek) váltak ki, és így folytathatnánk a sort. Az illékonyabb anyagok csak akkor kezdtek kondenzálódni, amikor a gázgyűrű hőmérséklete néhány száz fokra csökkent. Ekkor az anyagrészesekék összeütköztek, és csomókba álltak össze. Egyes csomók igen nagyra nőttek, és gravitációs vonzásukkal egyre több anyagot gyűjtöttek maguk köré. Ez a folyamat elszabadult. Valamennyi bolygó (a gázóriások és a Föld lekoptatott felszínének kivételével) legtöbb holdjukkal együtt ma is magukon hordják a mintegy négy milliárd évvel ezelőtti, utolsó nagy óriásmeteorit-bombázás emlékét. No persze szó sincs arról, hogy a bombázás teljes egészében véget ért volna.

Ezért a Nap közelében kialakult bolygók túlnyomórészt kevésbé illékony anyagokból (fémekből és szilikátokból), míg a távolabbiak (a gázóriások) főként könnyebb elemekből jöttek létre. A belső bolygókon

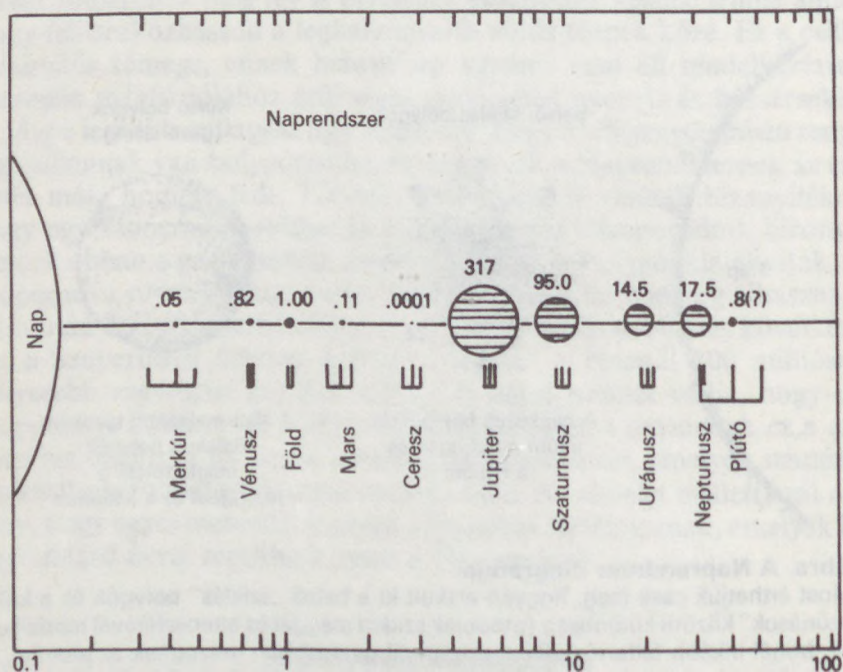


4. ábra. A Naprendszer diagramja

Most érthetjük csak meg, hogyan alakult ki a belső „sziklás” bolygók és a külső „gázóriások” közötti különbség (utóbbiak szilárd maggal és atmoszférával rendelkeznek). Minél inkább felforrósodik a gáz, annál gyorsabban mozognak az atomjai, és annál nehezebb ezeknek az atomoknak megmaradni a bolygó gravitációs terében. Így annál a belső bolygók kialakulásakor a Nap melege nyomán eltávozott a két legkönnyebb elem, a hidrogén és a hélium nagy része. A gázóriások kialakulásakor ez nem következett be, minthogy ezek távolabb voltak a Naptól. Emellett, ahogyan egyre több anyag halmozódott fel, egyre nőtt a gravitációs mezejük, úgyhogy a bolygó állandó jelleggel meg tudja tartani ezeket az elemeket. Két csillagász, Donald Goldsmith és Tobias Owen azt állítja, hogy „a Föld tömege nagyjából megegyezne a Szaturnusz tömegével, ha a bolygónkon jelenleg fellelhető elemekhez hozzáadnánk a hiányzó hidrogén- és héliummennyiséget, tehát ha arányuk megegyezne a Napon és az óriásbolygókon kialakult arányokkal”.

képződésük közben nem maradt meg a hidrogén és a hélium sem, bár a Nap körüli ősgázgyűrűt főleg e két legkönnyebb elem alkotta. Minden bizonnyal a Nap erős sugárzása nyomán tűntek el ezek az elemek a belső bolygókról. A gázóriások nagy gravitációja és alacsony hőmérséklete viszont segített abban, hogy ott megmaradjanak ezek az elemek. Ezért úgy tűnik, hogy a sziklás bolygók (mint a Merkúr, a Vénusz, a Föld és a Mars) és a gázóriások (mint a Jupiter, a Szaturnusz, az Uránusz és a Neptunusz) szükségszerűen úgy jöttek létre, ahogy a csillagok és bolygók általában keletkeznek.

Közvetett bizonyítékaink vannak arra, hogy más csillagok is rendelkeznek bolygókkal. Ugyanis néhány csillag, ahelyett, hogy egyenes vonalban mozogna, mintegy „imbolyog” égi pályáján, s ez a nagy bolygók gravitációs vonzásának köszönhető. Jelenlegi technikai eszközeinkkel közvetlenül nem tudjuk kimutatni ezeknek a bolygóknak a létezését, de



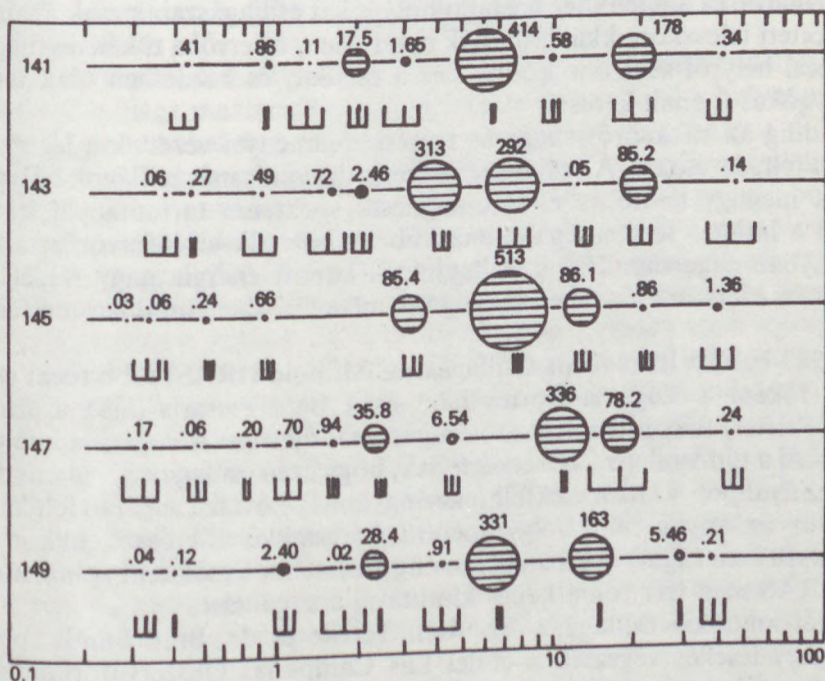
5. ábra. Ez a két diagram Steven Dole számítógéppel végzett kísérletének az eredménye. Dole a bolygórendszerek eredetét kutatta. Őt olyan bolygórendszer diagramját láthatjuk, amelyeket a számítógép dolgozott ki. A rendszerek gázóriásait (legnagyobb gázóriásunk a Jupiter) vonalkázás jelöli. A többi a Merkúrhoz, a Földhöz és a Marshoz hasonló sziklás bolygó.

Az anyacsillagoktól mért távolságok csillagászati egységben vannak megadva (egy csillagászati egység a Föld és a Nap átlagos távolsága). A háromágú villa a bolygó pályájának határait, az anyacsillagtól mért legkisebb, átlagos, illetve legnagyobb távolságot jelzi. A bolygók tömegét a Föld tömegéhez viszonyították.

ha a megfigyelő csillagászat eszközei kivonulnak a világörbe, és a gyakorlatban is sikerül hasznosítani a forradalmian új berendezéseket és elektronikus segédeszközöket, akkor a csillagászok hamarosan meglát-hatják a legközelebbi csillagok bolygóit.

Az újságok időről időre előállnak egy-egy új naprendszer felfedezésének a hírével. Az emberek elvárják a csillagásztól, hogy kimutassák más csillagok bolygóit, de túl sokat kérnek. Az ilyen bolygók közül a legközelebbiek is több fényévyire lehetnek tőlünk. Ezeket a napjaik körül keringő bolygókat apró, halvány pontoknak látnánk, amelyek viszonylag közel fekszenek bizonyos nagy, fényes égitestekhez. Még egy halvány csillag fényereje is több ezerszerese lehet bolygói fényességének.

Az ilyen nagy fényességbeli különbségek rendkívüli módon megnehezítik a csillag és bolygója elkülönítését. Egy tőlünk több fényév távolságban lévő bolygó a csillagához igen közel látszik. A bolygót kereső



Döbbenetes, mennyire hasonlít a sziklás bolygók és a gázóriások megoszlása a számítógép által létrehozott bolygórendszerekben és Naprendszerünkben. Ha napjaink csillagászati elméleteit táplálják a gépbe, nem csoda, hogy ilyen eredményt kapunk. Minthogy ezeknek a bolygórendszereknek az anyacsillagai a mi Napunk pontos másai, a 141-es rendszer „második bolygója” látszik a legalkalmasabbnak arra, hogy megszülessen, és továbbfejlődjön rajta az élet. A 147-es rendszer „negyedik bolygója” kisebb tömegű ugyan, de megfelelő távolságra van napjától, így talán ez is alkalmas lehetne.

Az összehasonlítás kedvéért a Naprendszer diagramját is közöljük (4. ábra).

csillagásznak akkora távolságot kell tudnia kimutatni a Földről nézve, mint a Hold átmérőjének tízezred része.

Így a megfigyelésre alkalmas ideális bolygónak a Jupiter méretének többszörösével kellene rendelkeznie, pályája pedig a lehető legnagyobb távolságra lenne lehető leghalványabb csillagától. A megfigyelhető bolygónak — a Jupiterhez és a Szaturnuszhoz hasonlóan — saját belső energiaforrással is rendelkeznie kellene. Ebben az esetben több energiát sugározhatna ki, mint amennyit a csillagától kap, s így növelhetné megfigyelhető sugárzását.

A Földön telepített csillagászati eszközökkel sohasem lennének képek meglátni a Földünkhöz hasonló, kis, sziklás bolygókat. Légkörünk nagyban gyengíti és véletlenszerűen szétszórja a világűrből hozzánk eljutó információ nagy részét, és megakadályozza, hogy megfelelő pontossággal végezhesük a megfigyeléseket. Csak a Jupiter méretével megegyező vagy még annál is nagyobb égitestek észlelhetők a Föld felszínéről, és a miénkhez hasonló bolygókat csillagászaink csak az űrbe telepített teleszkópokkal láthatják majd. De még erről a tökéletes megfigyelési helyről sem lesz könnyű ez a feladat, és kezdetben csak nagy bolygókat fognak keresni.

Eddig az infravörös sugárzás mérési eredményei vezettek a legbiztosabb felfedezésekre. A csillagászok szerint ugyanis más csillagok bolygóinak megfigyelésére az elektromágneses spektrum tartományai közül nem a látható fény a legalkalmasabb. A bolygók az infravörös tartományban sugározzák ki a csillagjuktól kapott energia nagy részét, és sokszor ezerszer erősebben ragyognak infravörösben, mint látható fényben.

1983-ban az Infravörös Csillagászati Műhold (IRAS) több tucat csillag, főként a Vega, a Formulhaut és a Beta Pictoris (lásd a színes mellékletet) fokozott infravörös sugárzását észlelte. A sugárzás intenzitásából a tudósok arra következtettek, hogy ezen csillagok körül minden bizonnyal por- és törmelékfelhő kering, amely növeli a sugárzó felületet. Ha ez az anyag már bolygóméretű égitestekké állt össze, akkor az infravörös sugárzó felszín olyan nagy mértékben csökkent volna, hogy az IRAS nem lett volna képes kimutatni a sugárzást.

Két amerikai csillagász, dr. Rich Terrile és dr. Brad Smith éppen megfigyeléseket végeztek a chilei Las Campanas Observatóriumban, amikor véletlenül olvasták az IRAS felfedezéseiről szóló jelentést. Történetesen éppen a megfelelő helyen tartózkodtak, hogy lefényképezzék az 50 fényév távolságban lévő Beta Pictoris csillagot. Terrile és Smith napkorona-fényképező berendezést alkalmaztak (ezt a műszert a fényes égitestek körüli halvány gyűrűk vagy csillagköd megfigyelésére használják), és sikerült szert tenniük a más bolygórendszerek létezése mellett szóló eddigi leglátványosabb bizonyítékra. Felfedezték, hogy a Beta Pictoris körül óriási, a Naprendszerünkénél hússzor nagyobb átmérőjű

korongot formálva kering az anyag (lásd a színes mellékletet). A korong létezése megerősíti azokat az újabb keletű feltételezéseket, amelyek elfogadják a csillagok gáz- és törmelékgyűrűin belüli bolygóképződés elméletét. De ennek a fiatal csillagnak, a Beta Pictorisnak (nagyobb tömegű és hétszer fényesebb, mint a Nap) olyan erős a sugárzása, hogy sohasem fognak körülötte lakható bolygók keringeni.

Az extraszoláris bolygók kutatására dr. Don McCarthy és munkatársai is kidolgoztak egy módszert az Arizona Egyetemen. A módszernek közeli infravörös „speckle” interferometria* nevet adták. A lényeg röviden: McCarthy több ezer fényképfelvételt készít (a felvételi sebesség másodpercenként száz) egy olyan csillagról, melyről azt gyanítja, hogy rendelkezik egy nagy bolygóval. Ez a rövid expozíciós idő „befagyasztja” azt a sok kis fénypettyecskét, amelyekből egyébként a csillag képe összeáll. A pettyecskéket a légköri zavarok okozzák, és minden egyes „befagyott” petty olyan képet tartalmaz, amelyet nem torzított el a légkör mozgása. A több ezer képkockából kielemezett információból egyetlen tiszta képet állítanak össze.

McCarthy módszerével elvben olyan bolygókat tudunk észlelni, amelyeknek csillaga maximum százszor fényesebb magánál a bolygónál (ez pedig igencsak halvány csillag). Így az is lehetséges, hogy a Földön telepített csillagvizsgálókban Jupiter nagyságú bolygókat észleljenek; amikor viszont a rendszer az űrben működik, talán Föld méretű bolygókat is észlel majd, bár a gyakorlatban ezt igen nehéz lesz megvalósítani.

Lehet, hogy a Hubble-űrteleszkóppal észleljük majd először a Naprendszeren kívüli legközelebbi csillagok bolygóit, feltéve, ha legalább akkorák, mint a Jupiter. A Hubble-teleszkóp minden idők legerősebb távcsöve, és Föld körüli pályájáról 238,8 cm-es tükrével ezerszer részletesebben látja majd a világot, mint bármely más korábbi műszer.

A csillagászok egyetértenek abban, hogy a csillagok és a bolygók kialakulása alapvetően különböző folyamat, bár a bolygók és a leghalványabb csillagok tömegét feltüntető skála folyamatos. A bolygók porból és törmelékből állnak össze egyre nagyobb testekké. Ezzel szemben a csillagok gázfelhőkből jönnek létre úgy, hogy a gáz összeesik, összehúzódik saját gravitációs nyomása alatt, míg végül anyaga olyan sűrűvé és forróvá válik, hogy megkezdődik a magfúzió, és felragyog a csillag.

Imbolygás az űrben

Egy valaha általánosan elfogadott felfogás szerint egyes csillagok nagy bolygók közelsége miatt imbolyognak az űrben. Dr. Peter van de Kamp, az extraszoláris (Naprendszeren kívüli) bolygókutatás úttörője 40 éven

*A koherens fény jellegéből származó zavarokat (pettyecskéket) hasznosító interferometria. (A lektor.)

keresztül gyűjtötte bizonyítékait a pennsylvaniai Swarthmore College Sproul Obszervatóriumában.

Végtelenül precíz, hosszas megfigyeléseken alapuló munkát végzett. Annak idején így magyarázta el a problémát: „Minden csillag más és más sebességgel mozog a Galaxisban, akár az autók egy óriási versenypályán. Egy magányos csillagnak egyenes vonal mentén kellene mozognia (ez lenne a *helyes mozgás*), de a körülötte tartózkodó láthatatlan kísérőinek jelenléte időnként eltéríti az egyenes iránytól, ezért úgy tűnik, mintha a csillag imbolyogna a pályáján.”

Van de Kamp munkatársaival együtt folyamatosan rögzítette 20 szomszédos csillag érzékelhető imbolygását, és arra jutottak, hogy a jelenséget igen nagy bolygók okozzák. Sajnálatos módon kiderült azonban, hogy a távcső hibás, és minden korábbi eredményt figyelmen kívül kellett hagyni. Van de Kamp — aki egyébként mindig is hangsúlyozta, hogy nem zárhatjuk ki az észlelési hibák előfordulásának lehetőségét — 1976-ig folytatta a kutatást, de senki sem tudta megerősíteni állítását, miszerint több nagy tömegű bolygót is észlelt.

A bizonyságokat csökkenti az a tény, hogy a Föld légkörén keresztül vagyunk kénytelenek végezni a megfigyeléseket, de továbbra is helytálló-nak számít ez a módszer. A csillagok mozgásának imbolygása közvetetten utal a bolygók létezésére, és fejlettebb műszerek bevonásával új kutatóprogramokat terveznek.

Az Arizona Egyetem és a NASA az 1990-es évek közepén fogja Föld körüli pályára küldeni az Asztrometrikus Teleszkóprendszert (egy 1,25 m átmérőjű tükörrel ellátott infravörös távcsövet). A NASA úrállomásra szerelik majd (lásd a színes mellékletet), de előbb még kipróbálják a Hawaiiiban, a 4200 m-es tengerszint feletti magasságban, a légkör felső rétegeiben épült Mauna Kea Obszervatóriumban.

A távcső a csillagok imbolygását fogja mérni, az űrből képes lesz érzékelni a Naptól 30 fényévnél kisebb távolságra lévő csillagok körül keringő Föld méretű, illetve a legfeljebb 100 fényév távolságra lévő Jupiter méretű bolygókat. George Gatewood, a pittsburgh-i Allegheny Csillagvizsgáló igazgatója, az Asztrometrikus Teleszkóprendszer tervezője azt jósolja, hogy eltelik néhány évtized, amíg elfogadhatóan igazolhatjuk a szomszédos csillagok bolygóinak létezését.

Dr. Gatewood új módszert fejlesztett ki a csillagok imbolygásának észlelésére; a módszert MAP-nak nevezte el (Multichannel Astrometric Photometry, azaz sokcsatornás asztrometrikus fotometria). E módszerrel pontosan és gyorsan rögzíthető a csillagok helyzete. Az úrállomáson használják majd az Asztrometrikus Teleszkóprendszerhez kapcsolva.

A MAP száloptikát, számítógépeket és olyan egyéb elektronikus be rendezéseket alkalmaz, amelyeket jelenleg is használ a csillagászat. Fontos kellék egy átlátszó lemez, amelyen párhuzamos fekete vonalak haladnak át (milliméterenként négy vonalpár). A lemez meghatározott sebes-

séggel mozog. Amikor a vonalak áthaladnak a kereten, modulálják a látható csillagok fényét a látómezőn belül, a „célcsillagét” ugyanúgy, mint a távoli „fix” csillagokét (utóbbiak viszonyítási alapul szolgálnak). A lemez ismert sebességéből és a rajta áthatoló fény erősségéből nagy pontossággal megállapítható a célcsillag helyzete. A csillagok nagy bolygók hatására történő imbolygását a Gatewood-féle technikával sokkal gyorsabban tudják mérni, mint a hagyományos módszerekkel.

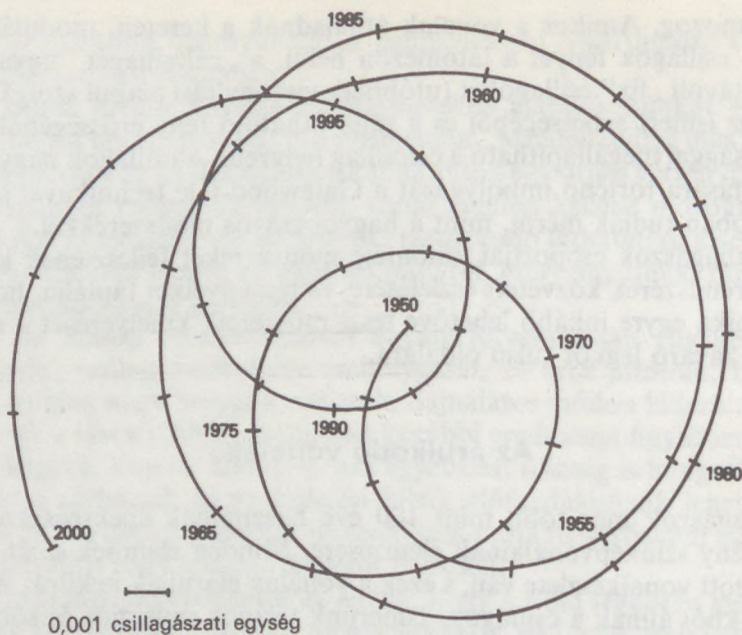
A csillagászok csoportjai különféle módszereket fejlesztenek ki más bolygórendszerek közvetett észlelésére, és reményeiket táplálja, hogy az űrtechnika egyre inkább lehetővé teszi műszereik kihelyezését a megfigyelést zavaró légkör túlsó oldalára.

Az árulkodó vonalak

A csillagászok már több mint 100 éve használják a spektroszkópot a csillagfény színképvonalainak elemzésére. Minden elemnek saját, meghatározott vonalkészlete van, s ezek a vonalak elárulják nekünk, milyen anyagokból állnak a csillagok. Ismerünk világos emissziós és sötét abszorpciós színképvonalakat; utóbbiak azt jelzik, hogy a csillag sugárzását bizonyos hullámhosszakon elnyelték, elnyelték a külső rétegekben található elemek (lásd a színes mellékletet).

A csillagok sebességének mérésére is használhatják a színképvonalakat. Ha a csillag távolodik, a vonalak a vörös felé mozognak (ez közismert vöröseltolódás vagy Doppler-effektus), ha viszont közeledik felénk, akkor a spektrum ibolyaszínű vége felé tolódnak el a színek. A csillagászok többek között ezt a jelenséget is felhasználták az egymás körül keringő közeli csillagpárok (kettőscsillagok) tanulmányozására. Többször volt már rá példa, hogy egy halvány kísérőcsillagot vizuális eszközökkel nem észleltek, mert olyan közel volt útítársához, hogy úgy tűnt, egyetlen csillag fényét látják. Csak a színképvonalak eltolódása jelezte a másik csillag jelenlétét, mértéke pedig a láthatatlan kísérő tömegéről és pályájáról szolgáltat adatokkal. Elméletben ugyanezzel a módszerrel bolygókat is észlelhetünk.

A probléma illusztrálására vegyük példának a legközelebbi csillagot, a Napot! A Jupiter gravitációs hatására a Nap sebessége megváltozik, a változás elérheti a 13 métert másodpercenként. Ez a változás kimutatható eltolódásokat okoz a Napról érkező színképvonalakban. A Földnek a Napra gyakorolt hatása igen kicsiny: bolygónk másodpercenként csupán 0,1 m-rel változtatja meg a Nap sebességét. Tőlünk néhány fényévnnyire egy idegen csillagász esetleg a Nap színképvonalainak periodikus eltolódásából következtethetne a Jupiter létezésére. A többi gázóriás (a Szaturnusz, az Uránusz és a Neptunusz) is hatást gyakorol a Nap sebességére. A Nap sokéves megfigyelése után a vonalak eltolódásának



6. ábra. Roger Sinnott rajza a Napnak a Naprendszer tömegközéppontja körüli pályáját ábrázolja 1950 és 2000 között

A Nap átlagosan 12 év alatt tesz meg egy-egy nagy hurkot; a körpálya torzulását a Naprendszer két legnagyobb tömegű bolygója, a Jupiter és a Szaturnusz okozza. Az ábra megmutatja, mit észlelnének a Napot figyelő idegen csillagászok hat fényév távolságból (a Barnard-csillagról). Feltételezzük, hogy hasonló távcső áll rendelkezésükre, mint dr. Gatewood 76,2 cm átmérőjű műszere az Allegheny Observatórium-ban! A Napot +1,1-es látszólagos nagyságú csillagnak látnák, de Naprendszerünk legnagyobb bolygója, a Jupiter nem látszana, mert a Nap 250 milliószer fényesebb. Észlelnék viszont a Jupiternek a Napra gyakorolt gravitációs vonzerejét. A bolygó 0,003 ívmásodperccel téríti le közepes pályájáról a Napot. A ciklusok körülbelül 12 évenként ismétlődnek.

nagyságából és irányából — egyszer az egyik, egyszer a másik irányba változik — az idegen csillagásznak határozott elképzelése alakulna ki Naprendszerünkről. A vonaleltolódás sémája vég nélkül ismétlődne, ebből az idegen elméletben ki tudná számítani a fontosabb bolygók tömegét és a bolygópályák méreteit. Egyes földi bolygóvadászok is ezzel a módszerrel próbálják meg észlelni más csillagok bolygóit.

A csillagászok eddig is rendszeresen mérték az 50 méter/másodpercen belüli sebességváltozásokat. A legújabb műszerek azonban már 1 méter/másodperc mérési pontosságra is képesek.

Dr. Bill Cochran, aki a Texas Egyetemen kifejlesztett egy ilyen berendezést, azt reméli, hogy földi obszervatóriumából is képes lesz Jupiter nagyságrendű bolygók észlelésére. A színekvonalak eltolódása a légkör

alatt is csaknem ugyanolyan jól mérhető, mint felette. Ez az egyetlen olyan bolygókereső módszer, amely a világűrben elhelyezett berendezésekkel sem működne sokkal hatásosabban. További előnye, hogy a bolygó és csillagának közelsége sem befolyásolja a kimutathatóságot. A célszög távolsága sem jelent akadályt a megfigyelő számára, ha az égitest fényereje kielégítő.

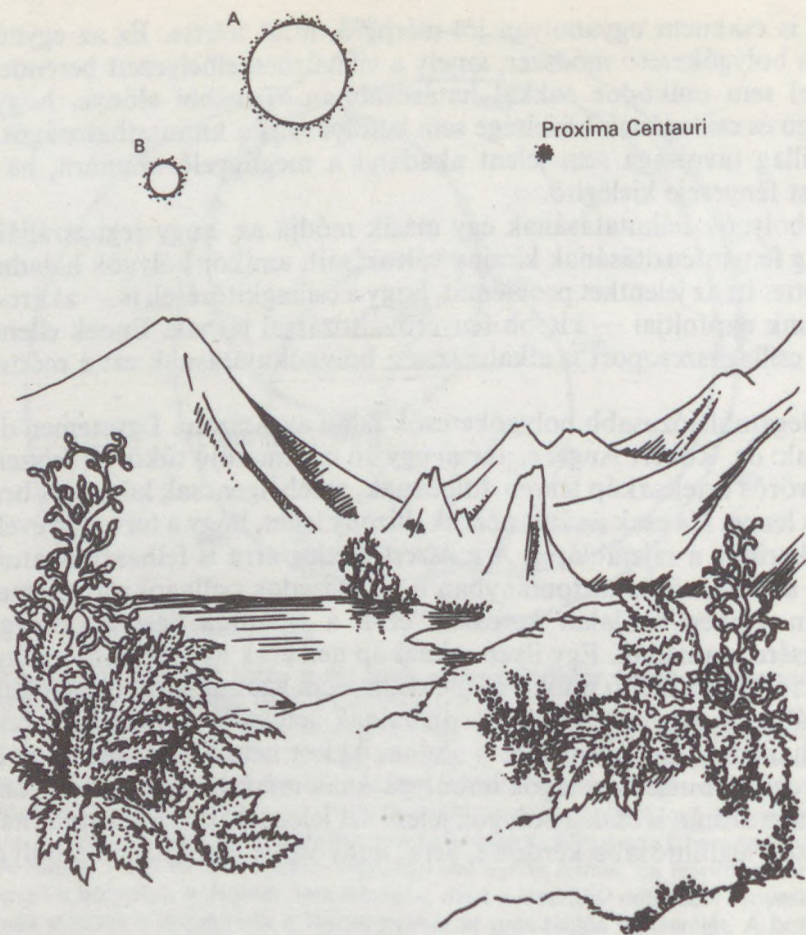
A bolygók felkutatásának egy másik módja az, hogy regisztrálják a csillag fényintenzitásának kicsiny változásait, amikor bolygók haladnak el előtte. Itt az jelenthet problémát, hogy a csillagkitörések is — akárcsak Napunk napfoltjai — kisebb fényerőváltozással járnak. Ennek ellenére több csillagászcsoporthoz is alkalmazza a bolygó kutatásnak ezt a módszerét.

A legambiciózusabb bolygókeresők talán az Arizona Egyetemen dolgoznak: dr. Robert Angel és társai egy 16 m átmérőjű tükörrel felszerelt infravörös űrteleszkóp tervén dolgoznak, amely igencsak költséges beruházás lenne. Ha csak az árát nézzük, bizony lehet, hogy a terv még évekig nem kerül le a rajztábláról. A műszert esetleg arra is felhasználhatnák, hogy az infravörös tartományban a szomszédos csillagokról származó oxigén-színképvonalakat keressen; ezek a Földhöz hasonló bolygók létezésére utalnának. Egy ilyen teleszkóp nemcsak az általános csillagászat csodálatra méltó műszere lehetne, hanem azonnali információkat is szolgáltatna. Az oxigén színképvonalainak detektálása nemcsak a bolygók, hanem az élet jelenlétére is utalna. Akkor nem kellene egy vagy két évtizedet várnunk a csillagok imbolygásának mérési eredményeire, amelyek még ezután is csak a bolygók jelenlétét jeleznék, de nem kaphatnánk választ a legfontosabb kérdésre, arra, hogy van-e élet azokon a bolygókon.

Más bolygórendszerek

A csillagászok számára nemcsak az ETI-ekkel való kapcsolat teremtés szempontjából fontos a bolygórendszerek felkutatása. A bolygórendszerek létrejötté valószínűleg a csillagok — legalábbis az egyedülálló csillagok — kialakulási folyamatának a része. A több csillagból álló rendszereknek (márpedig a legtöbb csillag ilyen rendszerhez tartozik) szintén lehetnek bolygók, noha nem valószínű, hogy ezek lakhatóak lennének. Ha két vagy három csillag van a rendszerben, akkor a bolygók meglehetősen excentrikus pályán keringhetnek. Ha néhány szomszédos csillag nem bolygókkal, hanem csak keringő törmelékgyűrűvel rendelkezik, akkor a csillagászoknak felül kell vizsgálniuk a Naprendszer keletkezésével kapcsolatos elméleteiket.

Számos felállást el tudunk képzelni más bolygórendszerek létezésére, de mind közül az a legvalószínűbb, amely a mi Naprendszerünkhöz, mint átlaghoz hasonló. Tehát most is a régi középértékvet alkalmaz-



7. ábra. Ezt láthatnánk az Alpha Centauri A körül keringő bolygóról. Ennek a csillagrendszernek a része a Földhöz legközelebb eső három csillag: az Alpha Centauri A (a Naphoz hasonló, sárga csillag), az Alpha Centauri B (kisebb, narancssárga nap) és a Proxima Centauri (halványvörös csillag, igen nagy távolságra a bolygótól)

Az Alpha Centauri A és az Alpha Centauri B közötti távolság a Nap—Föld-távolság 25-szöröse; elég távol vannak ahhoz, hogy akár az A, akár a B körül lakható bolygók keringhessenek, bár ez utóbbi valószínűleg túl kicsi ahhoz, hogy valamely bolygója számára folyamatosan lakható zónát biztosítson.

zuk, amelyet oly sokszor — de persze nem minden esetben — igazol a valóság. Nem szabad elfelejtenünk, hogy a Föld a Naprendszernek csak kicsi része. Bár nincs okunk azt hinni, hogy a mi G2 típusú csillagunk (a Nap) különbözik a Galaxisban található több millió G2 típusú csillagtól, lehet, hogy ezeknek a csillagoknak csak nagyon kis hányada rendelkezik az élet keletkezésének és továbbfejlődésének feltételeit biztosító, megfelelő tömegű, gravitációjú és pályájú, a Földhöz hasonló bolygókkal.



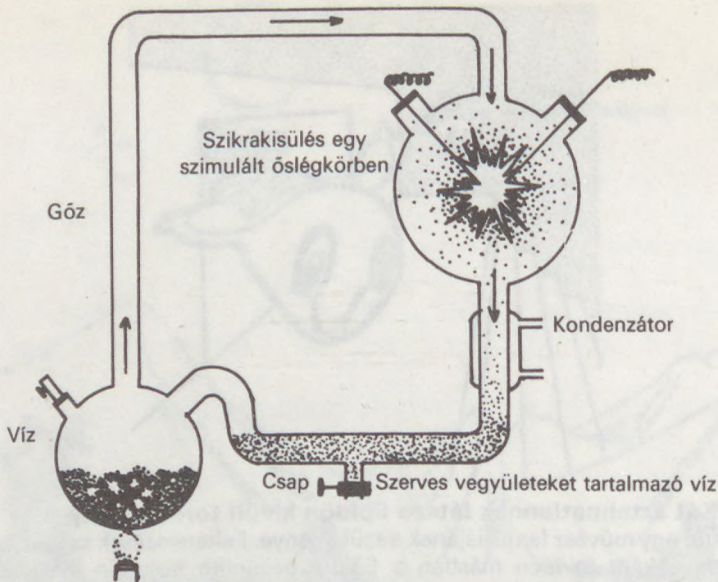
8. ábra. Két ártalmatlannak látszó Földön kívüli teremtmény

Mindkettő egy művész fantáziájának a szüleménye. Feltételezések szerint egy vízzel borított, egyébként minden másban a Földre hasonlító bolygón ilyen élőlények fejlődhetnének ki. Láthatóan jelentős építményben élnek, mégsem adják jelét annak, hogy rendelkeznének az építkezéshez szükséges eszközökkel. Egy vízzel borított bolygó különben sem megfelelő élettér az építkező, technikai civilizációt teremtő fajok számára (tekintsük akár saját óceánjaink élővilágát). A művészetben, az irodalomban, a filmekben alig-alig találunk biológiaiilag hiteles ETI-ket.

Ha csak egy-egy jelentéktelennek tűnő részfolyamat másként ment volna végbe a Naprendszer kialakulásakor, akkor talán nem fejlődött volna ki az élet a Földön. Lehet, hogy rengeteg, a miénkhez hasonló bolygórendszer létezik — ebből a szempontból saját rendszerünket átlagosnak tekinthetjük —, de ugyanakkor rendkívül ritkák lehetnek a Föld-szerű bolygók, amelyeken több milliárd éven keresztül fennmarad az élet. Mégis — amint azt saját példánkból tudjuk —, ahol ilyen bolygók vannak, élet és értelem is létezhet.

Légkör és élet

A Föld légkörének és a földi életnek a kialakulása elválaszthatatlan egymástól, hiszen mindvégig kölcsönösen hatással voltak egymás fejlődésére. Az élet és az atmoszféra, bolygónk szárazföldjei és óceánjai egyetlen rendszert alkotnak. Most már tisztában vagyunk azzal, hogy a miénkhez hasonló, négy milliárd éven át fejlődő rendszernek alapfeltétele, hogy az adott bolygó nagyjából a Nappal megegyező tömegű csillag körül keringjen. A fejlett életformáknak otthont adó bolygóknak a Földünkéhez hasonló tömeggel kell rendelkezniük, pályájuknak pedig egy rendkívül keskeny sávba kell esniük. Ha kívül lennének ezen a szűk



9. ábra. Dr. Stanley Miller ma már klasszikusnak számító, 1953-ban végzett, az élet eredetének kérdésével foglalkozó kísérlete azon a feltevésen alapult, hogy a Föld őslégkörét hidrogén és hidrogénvegyületek (például metán és ammónia) alkották — a Jupiternek is ilyen a atmoszférája. Amikor laboratóriumi körülmények között (zárt rendszerben) ilyen léggörzt szimulálnak, és valamiféle energiát vezetnek a rendszerbe, az élet sok építőeleme automatikusan kialakul. 1953 óta az energia különféle formáinak (ultraibolya fény, radioaktivitás, hő stb.) alkalmazásával sokszor megismételték Miller kísérletét. Minden alkalommal hasonló eredményre jutottak.

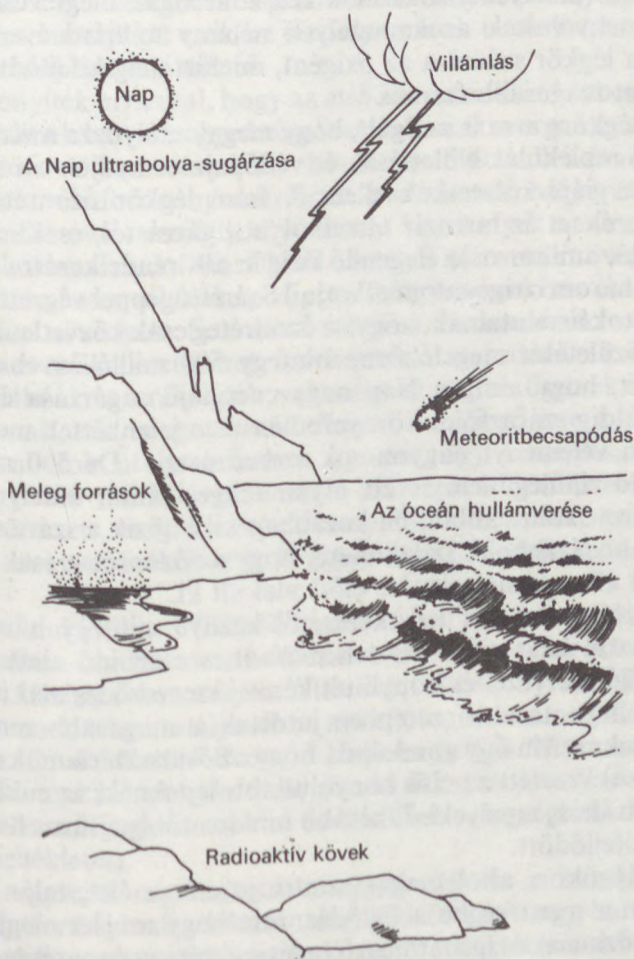
Azért van itt egy probléma. Úgy tűnik, a Föld őskorában *nem* rendelkezett annyira hidrogéndús atmoszférával, amelyet Miller és a kísérletet később sikerrel megismétlő kollégái feltételeztek. Ma úgy gondoljuk, hogy az első igazi földi atmoszférát főleg széndioxid és nitrogén alkotta. A Föld formálódása közben a Nap melegének hatására eltávozott a hidrogén és a hélium, és itt maradtak a nehezebb elemek. A könnyű elemek közül viszonylag keveset tartott meg Földünk. Mindazonáltal ősbolygónkon is lehettek olyan helyek, ahol elegendő hidrogénvegyület maradt ahhoz, hogy létrejöjjenek a Miller által szimulált feltételek. A Miller (és követői) kísérleteiben alkalmazott energiaforrások természetesen állandóan rendelkezésre álltak a fiatal Földön.

zónán, akkor elveszíthetik folyamatos lakhatóságukat, holott talán sok ilyen bolygón évmilliókon keresztül fejlődött valamilyen élet. Lehet, hogy a Mars szolgál majd erre nézve bizonyítékokkal, ha egy napon ott az ősrégi üledékes kőzetekben olyan megkövült mikrobákra bukkanunk, amelyek mondjuk már hárommilliárd évvel korábban kipusztultak.

Az 1970-es évek elejéig széles körben elfogadták azt az elméletet, hogy az élet születéséhez és továbbfejlődéséhez szükséges légkörben előbb az alapvető hidrogénvegyületek, azután pedig ezek kémiai ellentéte, az

oxigén volt túlsúlyban. Több laboratóriumi kísérlet bizonyítja, hogy az élet alapsztruktúrájának kialakulásához feltétlenül hidrogénben domináló légkörre van szükség. Ezeknek a molekuláknak a jelentős része automatikusan kifejlődik, ha energia kerül be egy túlnyomórészt hidrogénvegyületeket tartalmazó légkörbe. Az energia lehet elektromosság, hő vagy sugárzás. Hasonló kísérleteket végeztek oxigénben gazdag légkörrel is, amely a fejlettebb, aktív élet alapfeltétele; ezekben a kísérletekben egyetlen alapsztruktúra sem jött létre. Úgy látszik, oxidáló légkörben nem tud kialakulni az élet, pedig később a magasabb életformáknak ilyen atmoszférára lesz majd szükségük.

A fejlett életnek otthont adó bolygók légkörének tehát a földihez



10. ábra. Az élet keletkezésének lehetséges energiaforrásai

hasonló módon kell létrejönnie. Kezdetben többé-kevésbé szűkében kell lenniük a szabad oxigénnek, hogy létrejöhessen az élet születésének körülményeit biztosító állapot. Az ma már elfogadott tétel, hogy a két legkönnyebb és legnagyobb mennyiségben előforduló elem, a hidrogén és a hélium a Nap melegének hatására került ki a Föld kialakulásakor az űrbe. Az elmélet szerint az első igazi földi atmoszféra (kialakulása után) főleg nitrogénből és széndioxidból (CO₂) állt, amelyek a Föld belsejéből „gázleadással” kerültek a légkörbe. Ennek ellenére olyan helyek is lehettek az ős-Földön, ahol hidrogénvegyületek voltak túlsúlyban, és ezeken a helyeken születhetett meg az élet.

Később ki kellett fejlődniük a fotoszintézist végző organizmusoknak, hogy létrehozzák az oxigénben gazdag légkört, amely lehetővé teszi a magasabb rendű élőlények kifejlődését. A Földön a fotoszintetizáló baktériumok (amelyeket sokszor a kék-zöld algák megtévesztő elnevezéssel illetnek) voltak azok, amelyek néhány milliárd éven keresztül termelték a légkör számára az oxigént, mielőtt még kifejlődtek volna a növényi élet magasabb formái.

A Föld légköre arra is szolgál, hogy megakadályozza a vízhez hasonló, párolgó molekulák elillanását, és védőpajzsot nyújtson a sugárzás és a nagy energiájú részecskék ellen. A felső légkör ózonrétege, amely megvédi az életet az intenzív ultraibolya sugárzástól, csakis akkor alakulhatott ki, amikor már elegendő oxigén állt rendelkezésre. (Az ózonmolekulát három oxigénatom alkotja.) Számítógéppel végzett szimulációs vizsgálatok arra utalnak, hogy az ózonréteg csak közvetlenül a szárazföldi élet születését megelőzően, mintegy 500 millió évvel ezelőtt jött létre. Lehet, hogy amíg a Nap nagy energiájú sugárzása érte a Föld felszínét, addig szárazföldi környezetben nem jelenhettek meg az élőlények; ezt a véleményt nagyon sok szerző osztja. De 500 millió évvel ezelőtt valószínűleg nem is élt olyan tengeri állat, amelynek előnye származhatott volna abból, ha korábban kiköltözik a szárazföldre. Így talán csak a véletlennek köszönhető, hogy az ózonréteg csak röviddel a szárazföldi állatok megjelenése előtt alakult ki.

Tudjuk, hogy az élet keletkezésétől kezdve mintegy hárommilliárd éven keresztül bakteriális szinten maradt, s ezen idő alatt sok olyan különféle élő szervezet és bonyolult kémiai szerveződés alakult ki, amelyek később fontosabb szerephez jutottak a magasabb rendű lények megjelenésekor. Ma úgy gondoljuk, hogy az ősi baktériumok együttélése (szimbiózis) vezetett az első bonyolultabb sejteknek, az eukariótáknak a kialakulásához, amelyekből később minden többsejtű szervezet, így az ember is kifejlődött.

Más bolygókon, ahol magas szintre jutott az élet, talán nagyjából hasonló úton ment végbe a fejlődés, minthogy az élet megjelenésének meg kell előznie az oxigénatmoszféra létrejöttét, az ózonréteg pedig csak az oxigénatmoszféra kialakulása után jöhet létre. Ha nem jelennek meg

a földi fotoszintetizáló baktériumokhoz hasonló oxigéntermelő organizmusok, akkor oxigén hiányában nem alakulhat ki sem az ózonréteg, sem a magasabb életformák energiaszükséglete nem biztosított.

Az evolúció szerkezete

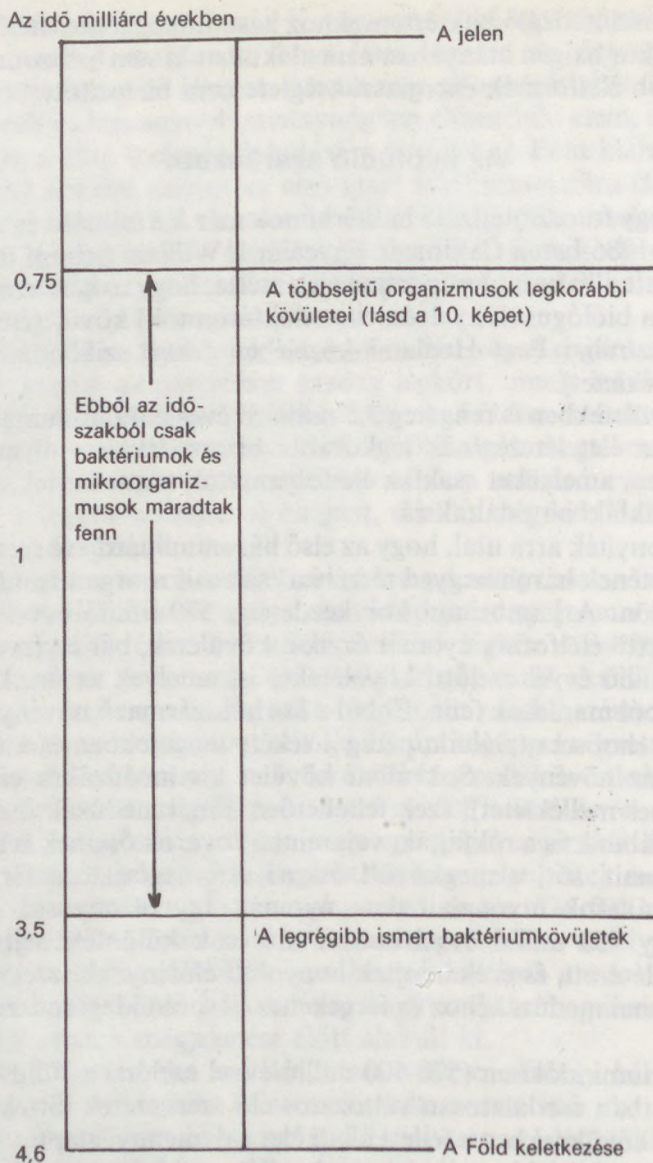
Tudjuk, hogy fotoszintetizáló baktériumok már 3,5 milliárd évvel ezelőtt is léteztek. 1986-ban a California Egyetem J. William Schopf professzor vezetése alatt álló kutatócsoportja bejelentette, hogy oxigéntermelő baktériumok (a biológusok nyelvén cianobaktériumok) kövületeire leltek a nyugat-ausztráliai Port Hedland közelében fekvő sziklákban (lásd a színes mellékletet).

Más kövületekben is rengeteg 3,5 milliárd éves baktériummaradványt találtak. Az élet létezésének legkorábbi bizonyítékaira, olyan szerves molekulákra, amelyeket csak az életfolyamatok termelhetek, 3,8 milliárd éves sziklákban találtak rá.

Ez a bizonyíték arra utal, hogy az első hárommilliárd évben, vagyis az élet történetének háromnegyed részében csak mikroorganizmusok léteztek a Földön. A kambriumi kor kezdetéig, 570 millió évvel ezelőttig kevés „fejlett” életforma nyomát őrzik a kövületek, bár elvéve találtak már 750 millió évvel ezelőtti kövületeket is, amelyek az ún. kései prekambriumból maradtak fenn. Ebből a korból származó növényi kövületeket még sehol sem találtak, pedig a sekély tengerekben és a tavakban élhettek már növények. Sok állati kövület kis medúzákra emlékeztet (lásd a színes mellékletet); ezek feltehetően a mai medúzák ősei voltak. De az ízeltlábúak és a rákfajták, valamint a rovarok őseinek is megtalálták a nyomait, sőt, a megkövült őskori sár megőrizte a férgek és a csigaszerű állatok útvonalainak a nyomát. Így bizonyosak lehetünk afelől, hogy 750 millió évvel ezelőtt már sok különféle sejttípus (az idegsejt is) létezett, és ezek a sejtek bonyolult élőlényekké szerveződtek, amelyek a mai medúzákéhoz és férgekéhez hasonló idegrendszerrel rendelkeztek.

A kambriumi időkben (570-500 millió évvel ezelőtt) a Föld tengereiben és tavaiban csodálatosan változatos élő szervezetek jöttek létre. A kambriumi kövületekben a fejlett állati élet valamennyi alaptípusát megtaláljuk, s ennek bárki tanúja lehet, aki ellátogat valamelyik őstörténeti múzeumba. Dr. Richard Jefferies, a londoni British Museum őslénytani részlegének munkatársa a *Calcichordatákkal* kapcsolatos kutatásai keretében foglalkozott a gerincesek — tudunkkal — legrégebbi őseivel (lásd a színes mellékletet).

Az első egysejtű organizmusok megjelenése és a kambriumi idők rengeteg életformájának változatossága közötti mintegy hárommilliárd éves szakadék magyarázatra szorul. Az ősi baktériumokban minden bizonnyal igen bonyolult kémiai szerveződések alakultak ki, s ezek közül

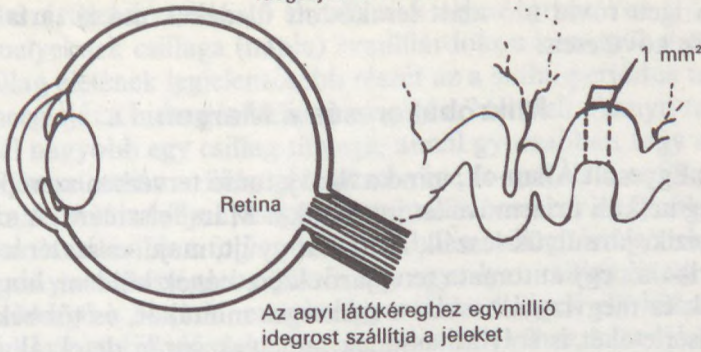


11. ábra. Miért telt el olyan hosszú idő az egyetlen sejtből álló mikrobáktól az első többsejtű szervezetekig? Igazi rejtély ez a hárommilliárd éves időszak, amikor a jelek szerint kizárólag egysejtűek éltek a Földön.

sok ma is fontos szerephez jut az élet fennmaradásában. A fejlett sejtek rendkívül bonyolult struktúrával rendelkeznek — ezt a tényt csak ma, az elektronmikroszkópos vizsgálatok ismeretében tudjuk kellőképpen értékelni.

Az emberi szem

A retina mintegy 100 millió idegsejtet tartalmaz



12. ábra. Az idegsejtek már az első ismert állatok, a 10. képen látható medúzafélék kifejlődése óta jól szervezettek. 700 millió évvel ezelőtt ez az állat sok más rokonával egyetemben már olyan, a mai medúzákéhoz hasonló idegrendszerrel rendelkezett, amely egyszerű idegsejthálózattal is igen jól működik. A medúzáknak nincs szemük és kifinomult érzékelőrendszerük.

Ma, amikor saját idegrendszerünk bonyolultságát csodáljuk, csak álmélkodhatunk azon, hová vezetett az evolúció. Legfontosabb érzékszervünk, a szem mintegy 100 millió idegsejttel rendelkezik a retinában. A retinához fényinformációk érkeznek, amelyeket aztán egymillió idegrost szállít az agy látókérgéhez. Az agykéreg, agyunk többi részét beborító, tekervényes felső rétege a legkésőbb kifejlődött idegszerveződés. Az embernél és a delfinnél sűrűn tekervényes rétegei a meglehetősen kis koponyaméret ellenére igen sok idegsejtet tartalmaznak (lásd a 4—5. képet).

Az emberi agykéreg egy kis részlete mindössze 2 mm vastag (lásd a fenti ábra jobb oldalán), de minden négyzetmilliméternyi felület alatt körülbelül 100 000 idegsejt van, s ezek mindegyike többszörösen kapcsolódik más sejtekhez. Az agykéregben összesen mintegy tízmilliárd idegsejt található, és kapcsolódásai száma körülbelül százszor ekkora.

Még csak most kezdjük felfogni, mekkora jelentősége van annak, hogy a földi élet alakulása a fejlődésnek éppen ezt a sémáját követte. Felmerül annak a lehetősége, hogy annak idején a földivel párhuzamosan a Marson is kifejlődtek a mikrobák, de azután megszűnt az élet, amikor néhány milliárd évvel ezelőtt megfordíthatatlan jégkorszak köszöntött a bolygóra. A Mars felszínének tanulmányozása és a bolygók légkörének fejlődésmélete arra enged következtetni, hogy a Marson kezdetben a földiekhez hasonló folyamatok mehettek végbe, mikroorganizmusok jöttek létre és fejlődtek tovább mindaddig, amíg folyékony víz létezett a bolygón (lásd a színes mellékletet). A feltevések szerint a Mars légkörében nem volt szükség oxigénre. A Föld ósztatmoszférájában sem volt szabad oxigén. Amikor az első fotoszintetizáló baktériumok fotoszintetikus anyagcseréjük melléktermékeként oxigént kezdtek juttatni a légkörbe, ez a gáz más mikroorganizmusok számára mérgező volt.

Így tehát abban az esetben, ha elég hosszú ideig volt folyékony víz a Marson, az élet ott is megjelenhetett. A földi élet történetéhez képest azonban igen rövid idő alatt lerakódott üledékek ma is tartalmazzák mikrobák kövületeit.

Mikrobakeresés a Marson

Mind az Egyesült Államok, mind a Szovjetunió terveiben szerepel, hogy legénység nélküli űrjárműveket juttatnak a Mars felszínére. A szovjetek úgy tervezik, járművük leszáll, mintákat gyűjt, majd visszatér a Földre. Az amerikaiak egy automata terepjárót szeretnének küldeni, hogy felkutatassák és megvizsgálhassák a szükséges mintákat, és többek között olyan kísérleteket is folytathassanak, amelyek során detektálhatják az élet jeleit. A Földön sok rendkívüli ellenállóképességgel rendelkező mikroorganizmus található, s ezek olyan környezetben is képesek fennmaradni, amelyben más élőlények azonnal elpusztulnának. A mikroorganizmusok a Marson talán még ellenállóbbak lettek, s ez esetben éppenséggel az is lehetséges, hogy igen korlátozott lakókörnyezetben egymásik még ma is életben van. De ennek kicsi a valószínűsége. Legjobb esetben mikrobakövületekre számíthatunk. A két Viking-szonda egymástól több ezer mérföldnyire oxidáló vegyületekre bukkant a Mars felszínén, amelyek elég erősek ahhoz, hogy minden szerves molekulát elpusztítsanak. Csakugyan, semmiféle szerves molekulát nem találtak a Marson. A bolygó felszínét erős ultraibolya sugárzás éri, amely a ritka légkörön áthatolva szétrombolná a védtelen szerves molekulákat. A légköri nyomás olyan alacsony, hogy a Viking-szondák Mars-felvételein látható vékony fagyréteg melegítés hatására egyszerűen elpárologna.

Azonban nem zárhatjuk ki teljes egészében annak a lehetőségét, hogy a Marson legalább egy éonokkal ezelőtt megszűnt élet nyomaira bukkanunk. Bizonyára alapos kutatásokat végeznek majd, hiszen az a tény, hogy két szomszédos bolygón kialakulásuk után ilyen röviddel megszületik az élet, megerősítené azt a feltételezést, hogy az élet univerzális jelenség, s ezzel végre sikerülne megválaszolni az emberiség egyik legnagyobb kérdését.

Lehet, hogy a fejlett élőlények kialakulásához egyetlen út vezet, a földi evolúciós folyamat, amelynek kezdeti fázisa talán a Marson is megismétlődött: néhány milliárd év alatt kifejlődnek a mikroorganizmusok, hogy megteremtsék a jövő élőlényeknek környezeti feltételeit, és kialakulnak azok a bonyolultabb sejtek, melyek nélkül nem jöhet létre magasabbrendű élet. Ezt az időszakot gyors evolúciós folyamat követi, amelyben a legváltozatosabb formákban jelenik meg az élet.

Stabil csillagok

A technikai civilizációt teremtő lények csak olyan égitesteken fejlődhetnek ki, amelyeknek csillaga (napja) évmilliárdokon keresztül stabil marad. A csillag életének legjelentősebb részét az a stabil periódus teszi ki, amikor energiáját a hidrogén héliummá „égése” termeli. Annyit tudunk, hogy minél nagyobb egy csillag tömege, annál gyorsabban fogy el rajta a fenti folyamat során a hidrogén; ezzel vége is szakad a csillag stabil periódusának. Azt is tudjuk, hogy a Napnál háromszor nagyobb tömegű csillagok esetében ez a folyamat nagyjából a csillag tömegének köbével (m^3) arányos sebességgel zajlik le. Így egy olyan csillag, mely tízszer nagyobb tömegű a Napnál, ezerszer gyorsabban „égeti el” hidrogénjét héliummá és ér stabil időszaka végére, mint a Naphoz hasonló csillag. Míg a Nap tízmilliárd éven keresztül marad stabil a számítások szerint, az említett csillagon csak tízmillió évig tart ez az állapot. Egy olyan csillag, amelynek tömege a Napénak kétszerese, még gyorsabban ér stabil periódusa végére ($m^{4.5}$ hatvány szerint), stabil periódusán 22,4-szer ($2^{4.5}$) gyorsabban jut túl. Ezért nincs esélye annak, hogy az ilyen csillagok bolygói technikai civilizáció jöhetne létre, amikor a csillagok tömegének különbözősége ilyen erősen befolyásolja a lakható bolygók kialakulására alkalmas időszak hosszát. Még egy, a Napnál 25%-kal nagyobb csillag is annyi idő alatt fejezné be stabil periódusát, amennyi a Nap jelenlegi kora.

Az O típusú, legnagyobb tömegű, legfényesebb csillagok esetében a stabil periódus néhány millió évig, a legkisebb tömegű és fényű M típusú csillagok esetében pedig több milliárd évig tart. A mi Napunk G2 típusú csillag, már túl van stabil periódusának felén, de egy M típusú csillag stabil periódusa hosszabb, mint Galaxisunk jelenlegi életkora.

A csillagászati terminológia történelmi fejlődésének eredményeképpen jelenleg O, B, A, F, G, K és M osztályokba soroljuk a csillagokat. Az O típusúak a legnagyobb, az M típusúak a legkisebb tömegűek. M után valamikor az R, N és S típusú csillagok következtek, de ezeket a kategóriákat ma már nem használják. A csillagosztályokra a következő régi kis angol mondóka szavainak kezdőbetűi emlékeztettek: „O, be a fine girl kiss me right now sweetie” („Ó, légy jó kislány, csókolj meg nyomban, drágám”). Az utolsó három szót ma már elhagyhatjuk.

Bár a Napot átlagos csillagnak mondjuk, a csillagok több mint 85%-ának kisebb a tömege és a fényereje, ami azt jelenti, hogy hosszabb ideig tart stabil periódusuk. Csakhogy ezeknek a csillagoknak csak kis hányada rendelkezhet lakható bolygókkal. Először is a csillagoknak több mint 75%-a két vagy több csillagból álló rendszerhez tartozik. Ahogyan azt korábban már említettük, ilyen rendszerekben is létezhetnek bolygók, de ezeknek a pályája esetleg nem teszi lehetővé az életet. Ez attól függ, mekkora távolságra helyezkednek el egymástól a két vagy több csillag-

ból álló rendszer tagjai. Stabil bioszférájú bolygók olyan kettős csillagrendszerekben képzeltethők el, amelyekben a két nap annyira közel van egymáshoz, hogy a bolygócsalád úgy keringhet körülöttük, mintha egyetlen csillag lenne.

A Jupiter és a Nap példáján láthatjuk, hogyan lehet két lakható bolygó egy olyan kettős csillagrendszerben, ahol a két csillag távol van egymástól. A Jupiter tömege 320-szor akkora, mint a Földé, és 2,5-szer nagyobb, mint a Napot leszámítva a Naprendszer összes többi égitestének tömege együttvéve. Olyan saját holdrendszere van, amely egy bolygórendszerrel is felér. (Ugyanez a többi gázóriásról is elmondható.)

Ha a Jupiter tömege a jelenleginek körülbelül ötvenszerese lenne, akkor a magja körül elegendő hidrogénnel rendelkezne ahhoz, hogy meginduljon benne a magfúzió. Akkor a Nap számos szomszédjához hasonlóan a Jupiter is vörös törpecsillag lenne. Ha a Jupiter helyett egy ilyen kis halvány csillag lenne, az valószínűleg nem befolyásolta volna a földi élet fejlődését. De két vagy több csillagból álló rendszerek nagy tömegű csillagai körül már nem alakulhatnak ki lakható bolygók. A Nap tömegének többszörösével rendelkező csillagok stabil periódusa felfoghatatlan erejű nukleáris kitörésekkel végződne, s ezek minden bizonnyal elpusztítanák a bolygókon kifejlődött életet.

A Nappal megegyező vagy annál kisebb tömegű, két vagy többtagú rendszerekben található csillagok bolygói már inkább alkalmasabbak arra, hogy lakhatóvá váljanak. Dr. Robert Harrington, a washingtoni USA Tengerészeti Obszervatórium munkatársa számítógépes vizsgálatai alapján azt állítja, hogy a két csillagból álló rendszerek bolygói igen stabil pályákkal rendelkezhetnek. Harrington később a Naprendszer viszonylatában ellenőrizte számításai eredményét. A Napot két olyan csillaggal helyettesítette, amelyek a Nap tömegének felével rendelkeznek, és 0,4 csillagászati egység távolságra vannak egymástól, pályáik excentricitása 0,5. (Egy csillagászati egység megegyezik a Föld és a Nap átlagos távolságával.) A legközelebbi bolygót, a Merkúrt érintette a legközvetlenebbül a változás: komoly károkat szenvedett, és hamarosan el is hagyta a Naprendszert; a Vénusz pályája kissé módosult. Viszont az összes többi bolygó pályája változatlan maradt.

Harrington ezután egy, a Nappal azonos tömegű csillagot tett a Jupiter helyébe, hogy megállapítsa, milyen hatások érnék ebben az esetben a belső bolygókat. Ekkor is csak a változáshoz legközelebbi bolygó, a Mars szenvedte meg a változást, amely viszont ugyancsak kedvezőtlenül reagált; pályája elvesztette stabilitását, és úgy látszott, végül arra kényszerül, hogy elhagyja a rendszert. A többi belső bolygó azonban megmaradt a pályáján.

Azért a Jupiter távolságában lévő másik nap bizonyára akkor is befolyásolná az élet fejlődését, ha a Föld pályájára gyakorolt gravitációs hatás jelentősége elhanyagolható lenne. Példának okáért az élőlények-

nek másképpen kellett volna alkalmazkodniuk a fényviszonyokhoz, a megnövekedett sugármennyiség pedig a Föld légkörének és klímájának fejlődésére gyakorolna hatást.

A Föld szerencsés megmenekülései

Ma a korábbinál jóval bonyolultabbnak látjuk a légkör és a lakható bolygók fejlődésének kérdését. Dr. Michael Hart a NASA Goddard Űrutazási Központjának alkalmazásában állt, amikor elméletben kimutatta, mennyire kényes egyensúlyban vannak a Föld fejlődésének fizikai feltételei. Valóban nem sokon múlt, hogy Földünk egyáltalában lakható világgá vált, ugyanis kétszer is kis híján bekövetkezett a katasztrófa.

Hart egy számítógépes program keretében a Föld történetének több tucatnyi különféle változatát dolgozta ki; valamennyi verzió más és más feltételekből indult ki, és a kutató így próbált rájönni, melyik alaphelyzet illik a legjobban a Föld általunk ismert történetére és jelenlegi állapotára. Munkája során Hart azt feltételezte, hogy a Föld 4,6 milliárd éves, ugyanis jelenleg a geológusok és a csillagászok ezt az adatot fogadják el, mint a Földről és a Holdról származó kőzetekkel, valamint meteoritokkal végzett radioaktív kormeghatározások eredményét.

Hart kimutatta, hogy a földtörténet első 150 millió évében a vízfelhők teljesen beborították bolygónkat. A mainál másfélszer sűrűbb volt az atmoszféra. 3,5 milliárd évvel ezelőtt a Föld hőmérséklete kritikus értéket ért el. Akárcsak a miénknél százszor sűrűbb atmoszférával rendelkező Vénuszon, ahol a légkör a forrásban levő víz hőmérsékletének többszörös hőmérsékletén tartja a felszínt, az ősatmoszféra a Földön is megakadályozta, hogy a Naptól kapott hó a felszínről visszaverődjön az űrbe. Hart szerint ebben a szakaszban a Földből kis híján második Vénusz lett. Így ír: „Ha a Föld csak egy kicsivel is közelebb lett volna a Naphoz, akkor történetének igencsak korai szakaszában fellépett volna a fokozódó üvegházhatás.”

Végül az első fotoszintetizáló baktériumok (a kék-zöld algák vagy pontosabban szólva a cianobaktériumok) mentették meg a Földet. Ezek a mikroorganizmusok, amelyek minden bizonnyal korábbi baktériumokból fejlődtek ki, rendelkeztek először olyan kémiai mechanizmussal, amely a napfény energiájának felhasználásával képes volt szintetizálni a növekedéshez szükséges molekulákat (számukra ez jelentette a táplálkozást). Akárcsak azoknak a növényeknek, amelyek később ezekből a mikrobákból fejlődtek ki, nekik is csak egyszerű szerves vegyületekre és napfényre volt szükségük.

Ahogy a fotoszintetizáló baktériumok a növekedésükhöz és reprodukciójukhoz szükséges szerves molekulák előállítására fokozatosan elhasználták a légköri széndioxidot, úgy csökkent a hőcsapda határfoka és

ezáltal a Föld hőmérséklete. 2,75 milliárd évvel ezelőtt a felhőzet felszakadt, és az atmoszféra sűrűsége a jelenlegi érték felére csökkent. Kétmilliárd évvel ezelőtt a fotoszintetizáló organizmusok már annyi oxigént bocsátottak ki, hogy — a Föld történetében először — a légkör oxidálni kezdte a kőzeteket. Ennek egyik ismert példája a vöröses vasoxid-lerakódások. Ekkor viszont már annyira megritkult a Naptól kapott hő visszatartó légkör, hogy a Föld hűlni kezdett. 500 ezer éven belül jégta-
karó borította bolygónk 10%-át, és egyenes út vezetett a visszafordíthatatlan jégkorszak felé.

„Ha a Föld keringési pályája csak egy kicsivel is nagyobb — írta Hart —, akkor körülbelül kétmilliárd évvel ezelőtt elkezdődött volna a megál-
líthatatlan eljegesedés.” Hart kimutatta, hogy 1%-kal nagyobb Föld —Nap-távolság is elég lett volna ehhez, és a Föld mindössze 1 °C-ra volt az állandósult fagy határától. Az eredmények tehát azt jósolják, hogy a Naptól távolabb levő Marson már régen be kellett következnie a megál-
líthatatlan eljegesedésnek. A Mars-vizsgálatok csakugyan kimutatták az állandó jégkorszak jeleit, bár talán némi vízjég is maradt a bolygón.

Hart szerint a Föld légkörében csak 420 millió évvel ezelőtt lett elég az oxigén és az ózon (ez három oxigénatomból áll) mennyisége ahhoz, hogy megóvja a szárazföldet a nagy energiájú napsugárzástól, s ezzel lehetővé tegye, hogy az élet első ízben kiléphessen a víz oltalmazó közegéből. Mint tudjuk, előbb a szárazföldi növények, azután pedig a gerinctelen állatok terjedtek el a szárazon. Később halak — a tüdőskopoltyús halak egy csoportja — is kimerészkedtek a tavak és folyók iszapos partjára, s belőlük fejlődtek ki mintegy 350 millió évvel ezelőtt az első kétéltűek.

Vajon áldozatául esik-e a Naphoz hasonló csillagok körül keringő potenciális földek többsége a két fokozódó és visszafordíthatatlan folyamat egyikének? Vajon a Marshoz hasonlóan az örök fagy világa köszönt rájuk, vagy bolygókemencék lesznek belőlük, mint a Vénusból? Hart eredményeinek ismeretében ez a kérdés merül fel bennünk. Így már egyszerűnek tűnik az az elmélet, amely szerint abban az esetben, ha egy bolygó pályája beleesik a csillaga körüli úgynevezett *lakható zónába*, ahol a hőmérséklet biztosítja a víz cseppfolyós halmazállapotát, már meg is vannak az élet születésének és evolúciójának a feltételei.

A nagy gravitáció kizárja a technikai civilizáció lehetőségét

Az elmélet azt is kimondja, hogy egy bolygón csak akkor alakulhatnak ki fejlettebb életformák, ha a tömege bizonyos határok között mozog. Mind biológiai, mind csillagászati szempontból kizárt az a sci-fi irodalomból ismert lehetőség, hogy palacsintalapos, szuperintelligens lények élhetnek olyan bolygókon, ahol a gravitáció a földinek többszöröse.

Aktív lényeknek, akik fejlődésük során képesek technikai civilizációt teremteni, energiájuk biztosításához oxigéndús légkörre van szükségük, ilyen pedig a Földnél jóval nagyobb tömegű bolygókon nem alakulhat ki. A kutatások eredményei rámutatnak, hogy egy potenciálisan állandó lakható zónában keringő bolygó sugarának és tömegének bizonyos tartományban kell lennie ahhoz, hogy elkerülje akár az üvegházhatást, akár a maradandó eljegesedést. Ahhoz, hogy (mint a Föld) több milliárd éven keresztül otthont tudjon adni az életnek, és oxigénben gazdag légkört hozzon létre, egy bolygó gravitációja 1g 10%-ánál nem sokkal lehet kisebb, vagy 20%-ánál nem sokkal lehet nagyobb.

Azt is megkérdézhethetnénk, kialakulhatnak-e a Naphoz hasonló csillagok körül a Földnél sokkal nagyobb tömegű, sziklás bolygók. Azt persze nem tudhatjuk, mennyire gyakran vannak jelen az igazán nagy sziklás bolygók létrejöttéhez szükséges mennyiségben nehézelemek a fiatal csillagok körül. De annyit megjegyezhetünk, hogy a Naprendszerben a Föld a legnagyobb sziklás bolygó, és a gázóriások tömege csak azért sokkal nagyobb, mert a Nap hőjétől messzebb alakultak ki, s így több hidrogént és héliumot tudtak megtartani. A Föld, amely viszonylag közel van a Naphoz, hamarosan elveszítette ezeket a könnyű elemeket. Érdekes, hogy a Szaturnusz gázóriása körülbelül ugyanakkora tömegű lenne, mint a Föld, ha leháтанánk róla a légkört, és csak a sziklás mag maradna.

A Földhöz hasonló bolygók csillagai

Éveken át úgy gondolták, hogy az F, a G és a K típusú csillagoknak is lehetnek lakható bolygók, sőt, még a kis tömegű, csekély fényű M típusúaknak is. Egyébként valamennyi kategórián belül 10 alosztály is létezik, így a G típusú csillagokat például G0-tól G9-ig terjedő alosztályokba sorolják; minél kisebb a szám, annál nagyobb tömegű és fényesebb a csillag.

Eddig úgy hitték, hogy az F típusú csillagok körül szélesebb és a csillagtól távolabbi lakható zónákat találhatnánk, mint az M típusúak körül, amelyeknek keskenyebb zónái közelebb vannak az anyacsillaghoz. Ahogyan az imént említettük, ez az elképzelés túlságosan is egyszerű. Hart második számítógépes vizsgálatsorozata szerint a kisebb tömegű csillagoknak keskenyebb a folyamatosan lakható zónájuk, és a Nap tömegének 83%-ával rendelkező vagy kisebb — vagyis a tipikus K1 típusú — csillagoknak egyáltalán nincs ilyen zónájuk. Ez azt jelenti, hogy a Napnál kisebb tömegű csillagok igen nagy többsége nem rendelkezhet folyamatosan lakható bolygókkal.

Hart vizsgálatait azt is kimutatták, hogy négy milliárd év után már a Napnál 10%-kal nagyobb tömegű csillagok ultraibolya sugárzása is túl nagy ahhoz, hogy bolygóikon kialakulhasson a szárazföldi élet. Eszerint

ha a Nap 10%-kal nagyobb tömegű lenne, akkor nem lenne a Földön szárazföldi élet, a miénknél 20%-kal nagyobb tömegű napok körül keringő potenciálisan lakható bolygók pedig túl forróak lennének ahhoz, hogy kialakulhasson rajtuk az élet. Végeredményben tehát majdnem minden bolygó túlmelegszik vagy túlságosan lehűl, mielőtt még az értelmes életnek ideje lenne kifejlődni rajta. Csak a bolygók kis hányadának, a Nap tömegétől mintegy $\pm 10\%$ -kal eltérő értéken belüli tömegű csillagok körül keringő bolygóknak van esélyük arra, hogy a Földhöz hasonlóvá váljanak. És ez is csak esetleges, hiszen éppen a megfelelő tömeggel kell rendelkezniük és meghatározott keskeny zónán belül kell keringeniük. Máskülönben nem alakulhat ki rajtuk a földihez hasonló légkör, és nem biztosíthatnak folyamatosan lakható otthont az élőlények számára. Úgy tűnik, hogy az értelmes élet kialakulására alkalmas bolygóknak, amelyekből a feltételezések szerint oly sok létezik, talán nem is annyira nagy a száma.

A lakható bolygók számára vonatkozó sok korábbi becsléssel szemben ez pesszimiztikus vélemény, de valószínűleg nem árt, ha a jövőben inkább borúlátóan gondolkodunk a témáról. A Földön kívüli élettel és a lakható bolygókkal kapcsolatos becslések bizonyos feltevéseken alapuló logikai számítások eredményei voltak. De évekkel ezelőtt Luyten, egy amerikai csillagász, rámutatott a módszerben rejlő veszélyekre, Ketteringet idézve: „A logika a magabiztossággal tévútra jutás szervezett módszere.”

Akárhogy is, ha az űrtechnika fejlődése lehetővé teszi az élettelen bolygók és holdjaik gyarmatosítását, akkor — legalábbis Galaxisunk esetlegesen létező civilizációinak vonatkozásában — elveszíti a fontosságát az a kérdés, mekkora a Földhöz hasonló világoknak a száma. Egyetlenegy Föld-szerű bolygó civilizációja több ezer másik világban megvetette a lábát. Ha feltételezzük, hogy valamiképp megoldható az értelmes lények utazása a csillagközi térben, akkor a civilizációk túlnyomó része gyarmatosítás útján jött létre a világegyetem általunk megfigyelhető részének több milliárd galaxisában.

Az élet egzotikus helyszínei

Az élet lehetséges helyszíneit latolgatva szót ejtettünk már a sziklás bolygókról, a szilárd felszínnel rendelkező világokról. De hát gázóriások is vannak, és ezek egészen másfajta bolygók: megőrizték öslégkörüket, és nincs bolygófelszínük. Akár fel is tehetnénk a kérdést: lehetséges, hogy a gázóriásokban is kialakulhatnak az élet egyes — ha nem is technikai civilizációba torkolló — formái? Vajon létrejöhetnek-e a világegyetem ezen két, egymástól különböző bolygótípusán olyan eltérő környezeti adottságok, amelyek alkalmasak az élethez? Az elméleti csillagászok

szerint más bolygórendszerekben is léteznek gázóriások és sziklás bolygók.

Mielőtt a gázóriásokkal foglalkoznánk, vessünk egy pillantást egymásik egzotikus holdjukra: az Európa és a Titán nagysága összemérhető a mi Holdunkéval. Az Európa a Jupiter második legnagyobb holdja, és a jelek szerint teljesen beborítja egy összevissza repedezett jégtakaró. A Voyager—2 adatai alapján az sem kizárt, hogy a jég alatt meleg óceán hullámszik. Azért áll fenn ennek a lehetősége, mert az Európa belsejére hat a Jupiternek és szomszédos holdjainak, az Iónak és a Ganymedésznek erős gravitációs tere. Az Ió belsejére annyira erősen hatnak ezek a gravitációs terek, hogy az ennek nyomán termelődő energia folytonos vulkánkitörések soraként szabadul fel. Az Európa belsejében termelődő hó mennyisége ezt nem teszi lehetővé, de ahhoz elegendő lehet, hogy a hold vastag jégburka alatt meleg óceánt tartson fenn.

A Szaturnusz legnagyobb holdja, a Titán egészen más világ. A metánjégből, nitrogénből és szerves molekulákból álló, a miénkénél másfélszer sűrűbb narancssárga légkör alatt akár egy kilométer mély, metánból és etánból álló tenger is rejtőzhet. A valószínűleg az egész Titánt beborító egzotikus tenger alatt pedig talán vízjég-kristályok és szerves anyagok is vannak. A Titán nagyon hideg világ, hiszen erre a holdra eljutó napfény mennyisége csak századrésze a Földet érő sugárzásnak, de a szerves kémia kutatóit bizonyára sok minden lenyűgözi majd, hiszen a jövőben kétségtelenül tüzetesen meg fogják vizsgálni az űrszondák.

Könnyen lehet, hogy a Naprendszer gázóriásainak részletes megfigyelése lehetőséget kínál arra, hogy az életet mint univerzális jelenséget tanulmányozzuk. A Jupiter a jelek szerint ösléggörrel rendelkezik, amely a Naprendszer kialakulása óta semmit sem változott. A Szaturnusz atmoszférájával ugyanez a helyzet. A Naptól távolabbi, kisebb Uránusz és Neptunusz léggömbje sem változhatott sokat kialakulásuk óta.

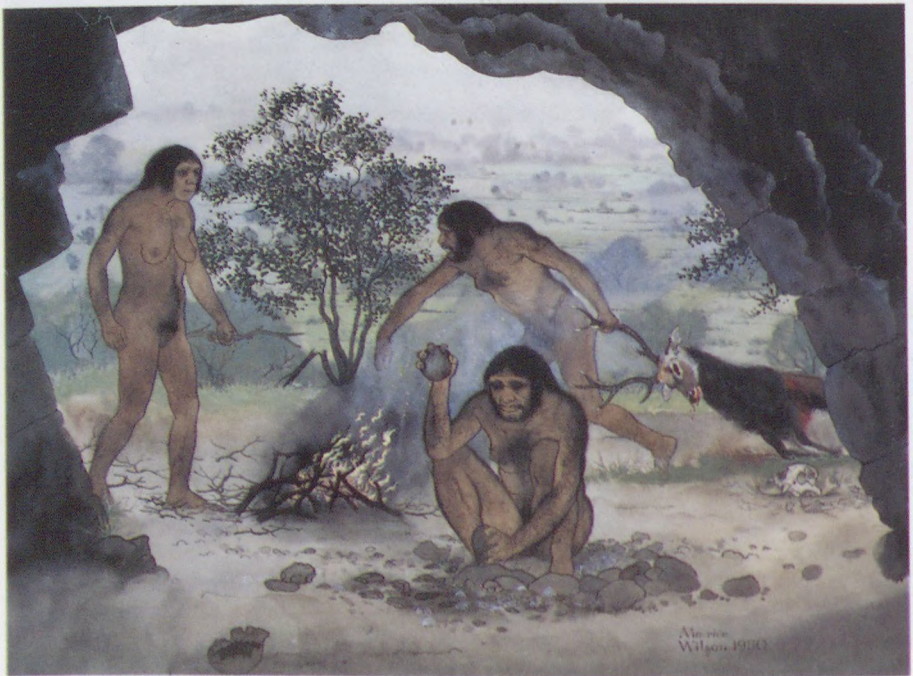
Bár a gázóriásoknak felhőik tetejétől eltekintve nincs felszínük, atmoszférájuknak lehetnek olyan rétegei, amelyekben a nyomás- és hőmérsékletviszonyok óceánszerű környezetet teremtenek. Lefelé haladva egyre melegebb légköri rétegek találhatók. Így ott, ahol a vízréteg véletlenül éppen egybeesik a megfelelő nyomás- és hőviszonyokkal, létezhetnek a szerves vegyületek létrejöttére alkalmas „léggömbi óceánok”. Az ilyen óceánok térfogata a gázóriásokban az ősföld tengereinek több ezerszerese is lehet. A közelben elhaladó Voyager közvetett bizonyítékokkal szolgál arra nézve, hogy 8000 km-rel az Uránusz felszíni felhői alatt forró vízréteg található. Ez a víz főként a „piszkos hógolyóknak” titulált üstökösökből származik. Mind az Uránusz, mind a Neptunusz inkább ki van téve üstökösökkel való ütközésnek, mint a Föld, egyrészt azért, mert nagyobb a gravitációs vonzásuk, másrészt pedig azért, mert a Naprendszer szélén közelebb vannak az üstökösök eredetéhez.

A Jupiter és a Szaturnusz forróbbak az Uránusznál, noha kevés hőt



7. A dinoszauruszok egyik értelmes leszármazottja... (?) — ha nem haltak volna ki 65 millió évvel ezelőtt. Dr. Dale A. Russell, a kanadai Nemzeti Természettudományi Múzeum munkatársa azért építette meg ezt a biológiai szempontból hiteles lényt, hogy megmutassa, mit hozhatott volna létre az evolúció. Alkotását a *Stenonychosaurus* néven ismert dinoszaurusz jellegzetes tulajdonságaira alapozta.

2. Az intelligens dinoszaurusz mellett itt látható dr. Russell *Stenonychosaurus*-rekonstrukciója, amely több példány megkövesedett maradványai alapján készült. A fogazatából ítélve húsevő állat a fejétől a farkáig körülbelül 240 cm hosszú lehetett. Russellt leginkább az döbbenette meg, hogy a hüllő viszonylag nagy koponyával rendelkezett, ami annak a jele, hogy a *Stenonychosaurus* intelligenciaszintje valószínűleg elérte egy buta emlősét.



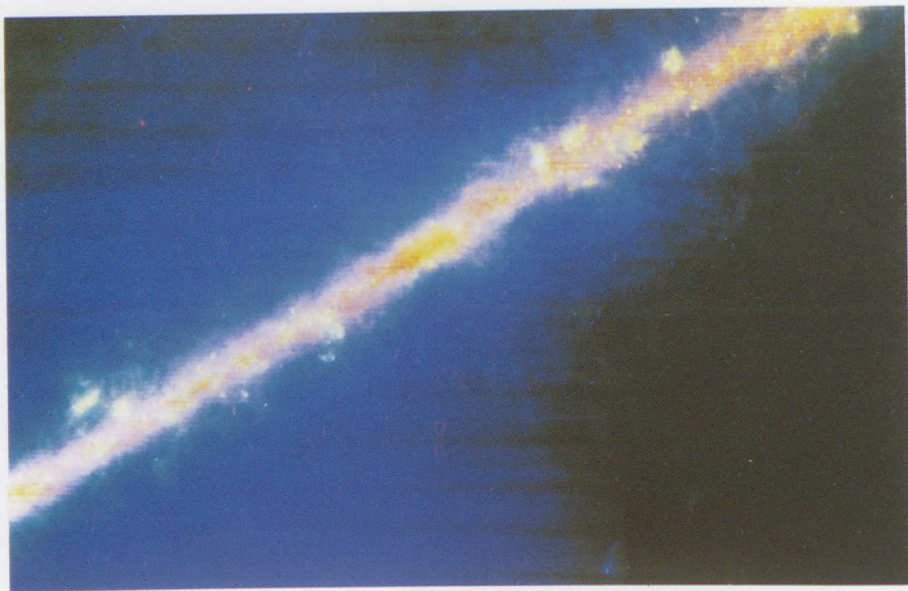
3. A *Homo erectus* Maurice Wilson festményén fontos tevékenységeket végez, amelyek a technikai civilizáció kialakulásához vezettek (vadászat, szerszámkészítés). Úgy tudjuk, hogy a *Homo erectus* az első olyan emberfaj, amelyik már használta a tüzet.



4. Az emberi agy súlya 1000 és 2000 g közé esik, átlagosan 1400 g. A súlyos agy viszont nem feltétlenül a magas intelligencia jele; sok tehetséges embernek könnyű volt az agya.



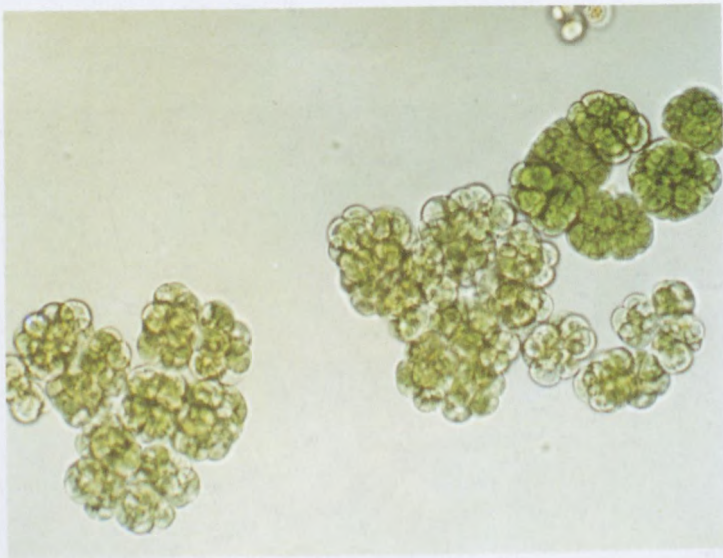
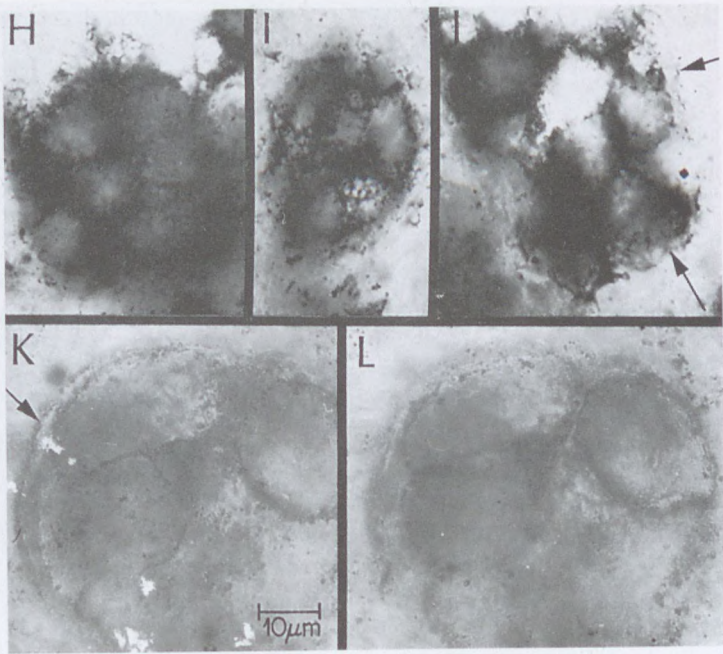
5. A palackorrú delfin agya körülbelül 1700 g-ot nyom. Több tekervénnyel rendelkezik, mint az emberé, így magasabb rendűnek látszik. A halakra vadászó, tengeri életmód követelményeinek megfelelően fejlődött agya képessé teszi az állatot arra, hogy rossz látási viszonyok között is tudjon tájékozódni. A szuperagynak látszó delfinagy nagy része úgy fejlődött, hogy a delfin víz alatti „hangradarjában” használt hangokat is képes legyen feldolgozni.



6. Így látta az IRAS, az Infravörös Csillagászati Műhold Galaxisunk, a Tejútrendszer síkját, metszetben.



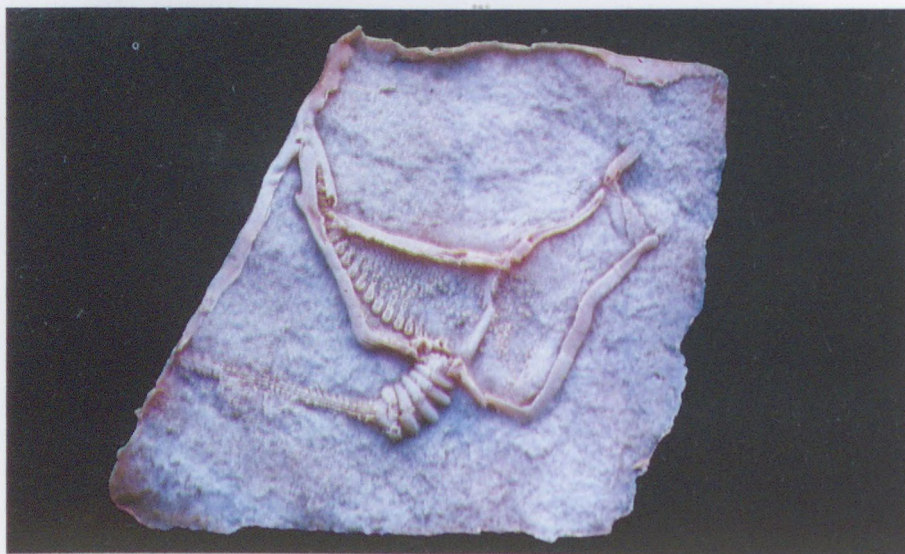
7. Galaxisunk egy részlete, a Cygnus csillagkép környéke. Sok itt a Naphoz hasonló csillag, de vajon hány Föld-szerű bolygó keringhet körülöttük?



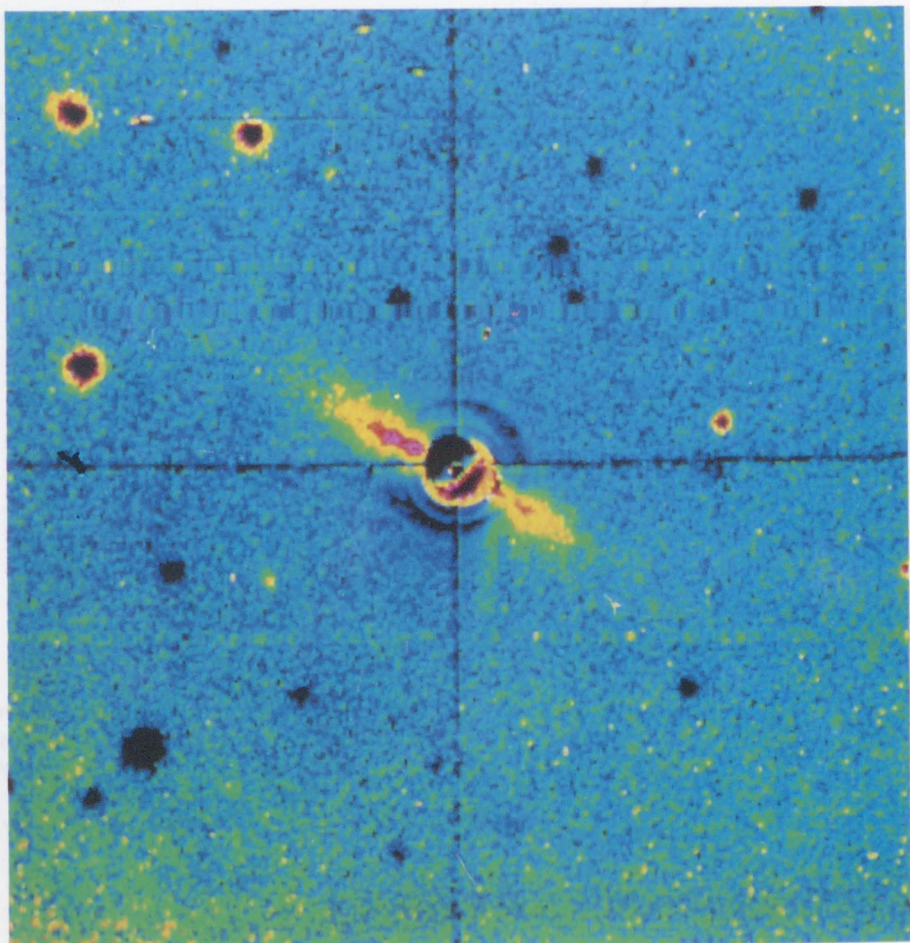
8—9. Ezek az Északnyugat-Ausztráliában talált megkövült baktériumok valószínűleg a legrégebbi ismert betokosodott sejtkolóniák. A jelek szerint fotoszintézisre képes baktériumok maradványai, olyanok, mint a mai cianobaktériumok (alsó ábra). William Schopf professzor, aki a rendelkezésünkre bocsátotta ezt a fényképet, így vélekedik: „Más fontos adatokkal együtt azt bizonyítják, hogy már 3,3-3,5 milliárd évvel ezelőtt léteztek kiterjedt, morfológiailag változatos és feltehetőleg fiziológiailag viszonylag fejlett mikrobakolóniák.”



10. Ezt a 650 millió éves kőületet is — sok más lelettel együtt — dr. John Cope fedezte fel tanítványaival a Dél-Walesben levő Carmarthen közelében. Ez az egyik legrégebb megkővült többséjtű szervezet. A legtöbb lelet medúzára emlékeztet, de olyanok is vannak, amelyek féregszerű állatok maradványai lehetnek. A világon csak kevés lelőhelyen találtak ilyen régi állati kőületeket.



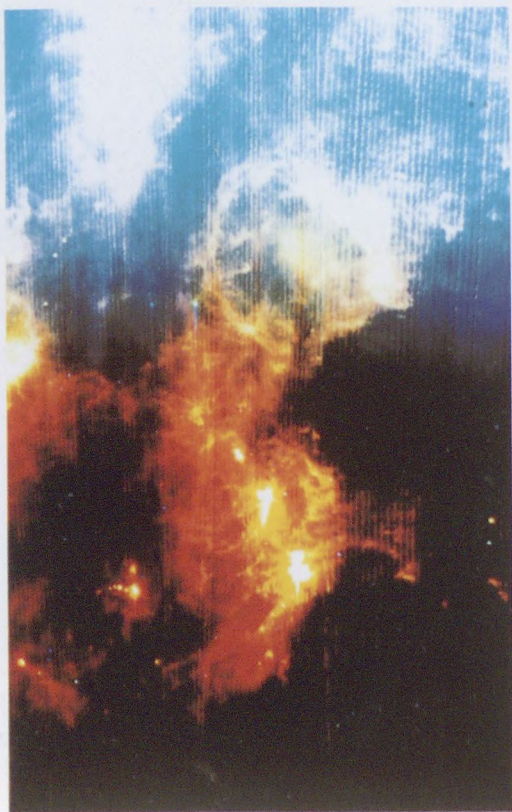
11. Egy primitív *Calchichordata*. Ezeknek a különös lényeknek jókora csoportja élt 600—400 millió évvel ezelőtt a sekély tengerek iszapjában. Ennek a csoportnak egyes tagjaiból alakulhattak ki az első állatok ősei.



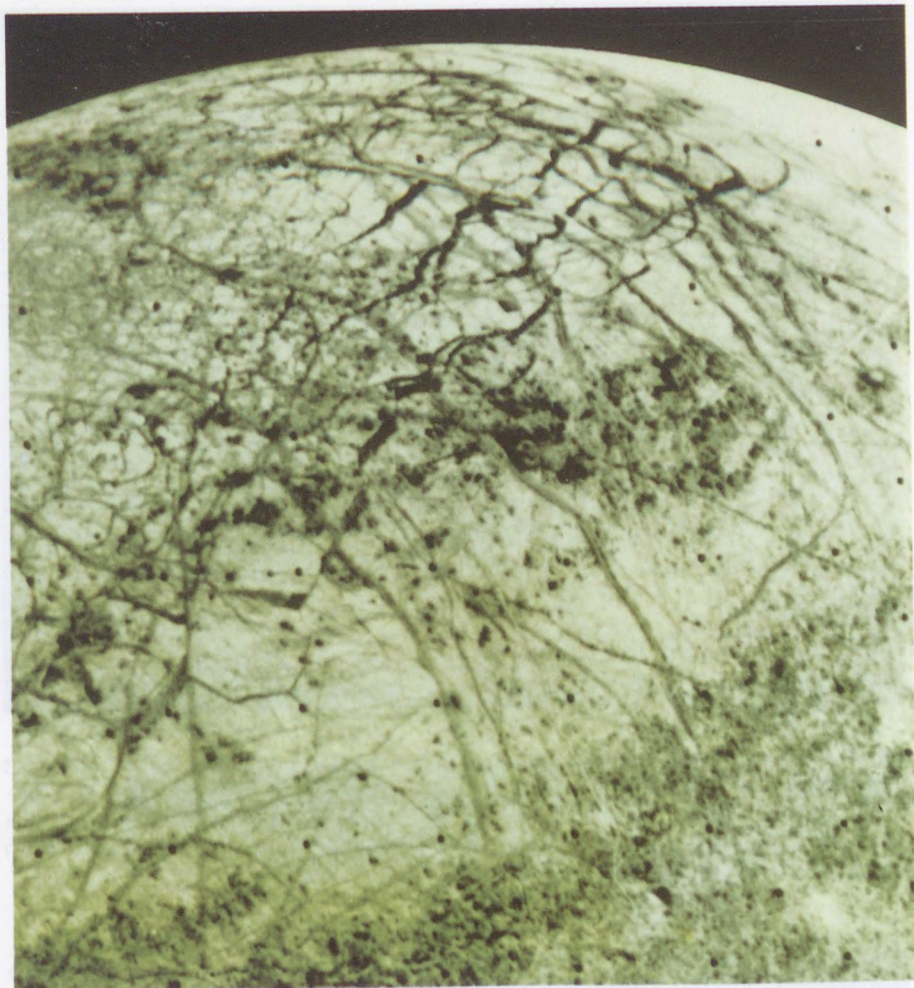
12. Rich Terrile és Brad Smith fényképfelvétele azt követően készült, hogy az IRAS kimutatta a Beta Pictoris csillagról érkező intenzív infravörös sugárzást: ez a leglátványosabb bizonyíték arra, hogy más csillagok körül is kialakulnak bolygók. Magukról a bolygókról csak elhanyagolható (és ki nem mutatható) mennyiségű infravörös sugárzás érkezik; annál erősebben sugároz a gyűrűt alkotó por- és törmelékfelhő teljes felülete. Úgy gondoljuk, hogy embrionális formájában, úgy ötmilliárd évvel ezelőtt a Naprendszer is hasonló képet nyújthatott.



13. Az IRAS 1983-ban készült felvételén jól látszik, hogy a fényes Vega csillag körül anyagfelhő kering. Az egyik magyarázat szerint a Vega ötvvenszer fényesebb a Napnál, és félmilliárd év múlva kiég (ez a Nap jelenlegi korának egytizede).



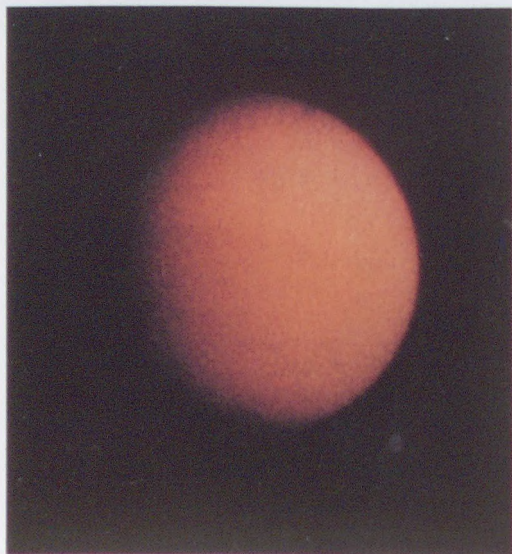
14. Az Orion-konstelláció ezen az IRAS által készített infravörös képen egészen más, mint optikai távcsövön keresztül. Jól láthatóak a csillagképződés ismerős régiói.



15. A Jupiter második nagy holdjának, az Európának a jégkérgé alatt talán akkora óceán van, mint a Föld valamennyi óceánja. Az Európát folyamatosan torzítja a Jupiternek és többi holdjának a gravitációs hatása, ami viszont melegen tartja a jégtakaró alatti óceánokat. Ezekben a primitív élet valamely formája is jelen lehet.



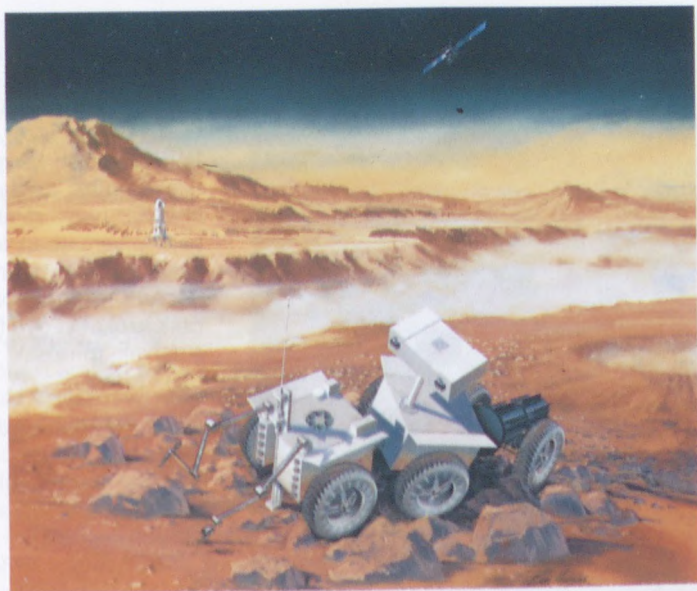
16. A Jupiter atmoszférájának közelképe; ebben a katlanban valószínűleg több mint négybilliórd éve zajlanak a vegyi folyamatok. A tudósok azon tanakodnak, kifejlődhetett-e az élet ebben a sűrű atmoszférában. A szükséges energia és az alkotóelemek rendelkezésre állnak, de ez a környezet valószínűleg minden élőlény számára túl forró és turbulens, örvénylő lenne.



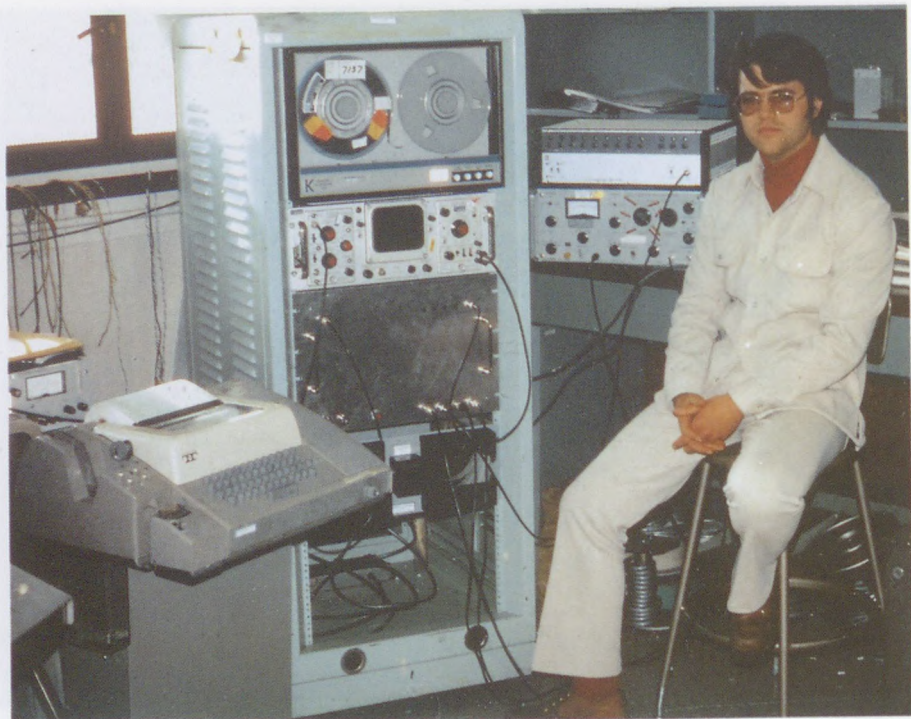
17. A Szaturnusz legnagyobb holdját, a Titánt talán teljesen beborítja a metánból és etánból álló tenger. A metánjégből, nitrogénből és szerves molekulákból álló ködös, narancsszínű atmoszféra másfélszer sűrűbb, mint a Földé. Így lehetséges, hogy a Titánon létezik az élet valamely formája, de csak akkor, ha az életfolyamatokban más oldószer tölti be a víz szerepét.



18. Ma már csak vékony vízjégfelhők lebegnek a Mars szurdokaiban, de sok fénykép utal arra, hogy valaha óriási mennyiségű víz áramlott a bolygó felszínén.



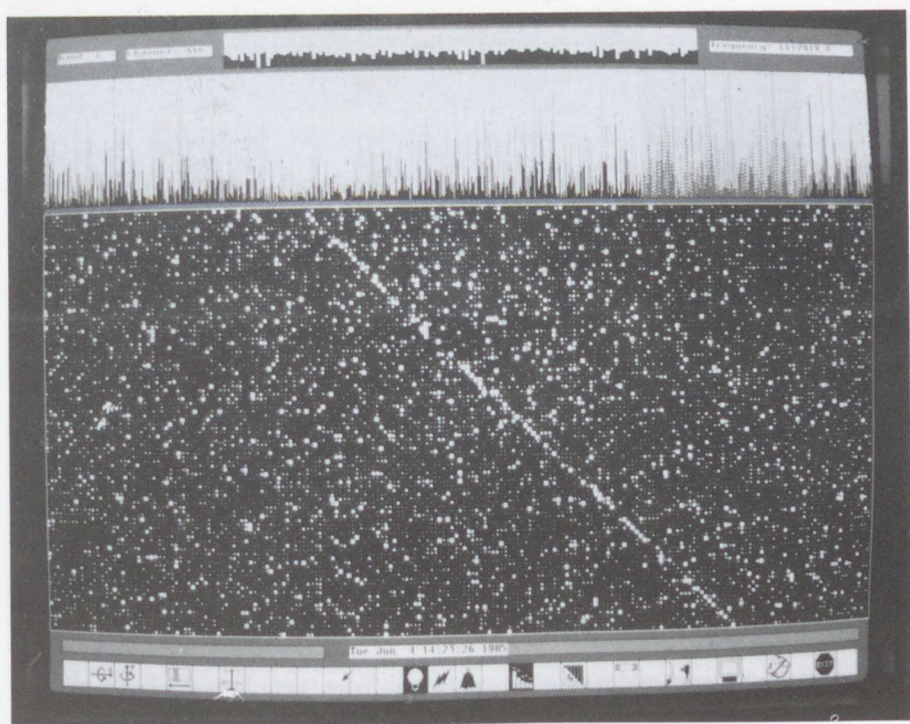
19. A NASA javasolt Rover terepjárója. A tervek szerint egyik változata a Mars felszínén kutat majd a jelenlegi vagy múltbéli élet nyomai után, és környezettanulmányokat végez. Az önjáró robotok révén lehetségessé válik, hogy a helyszínen tanulmányozzák a nagy területről összegyűjtött kőzeteket, mielőtt a kiválasztott mintákat visszajuttatnák a Földre.



20. Az állványon a SERENDIP—1 látható, mellette David Langley, aki Stuart Bowyer professzorral együtt fejlesztette ki a berendezést. A SERENDIP-rendszer bármely rádióteleszkóphoz csatlakoztatható, anélkül, hogy zavarná az éppen folyamatban lévő megfigyeléseket. Minden jelet vesz, de arra programozták, hogy csak azokat vegye figyelembe, amelyek fontosak lehetnek a SETI számára.

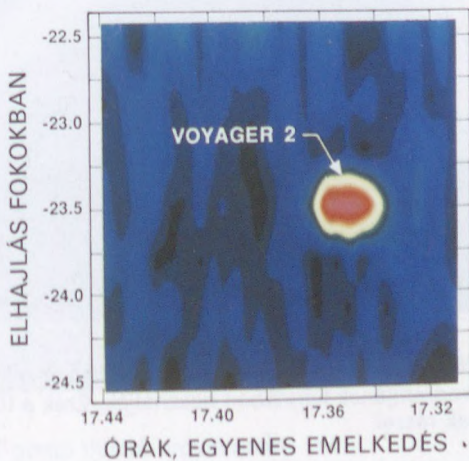


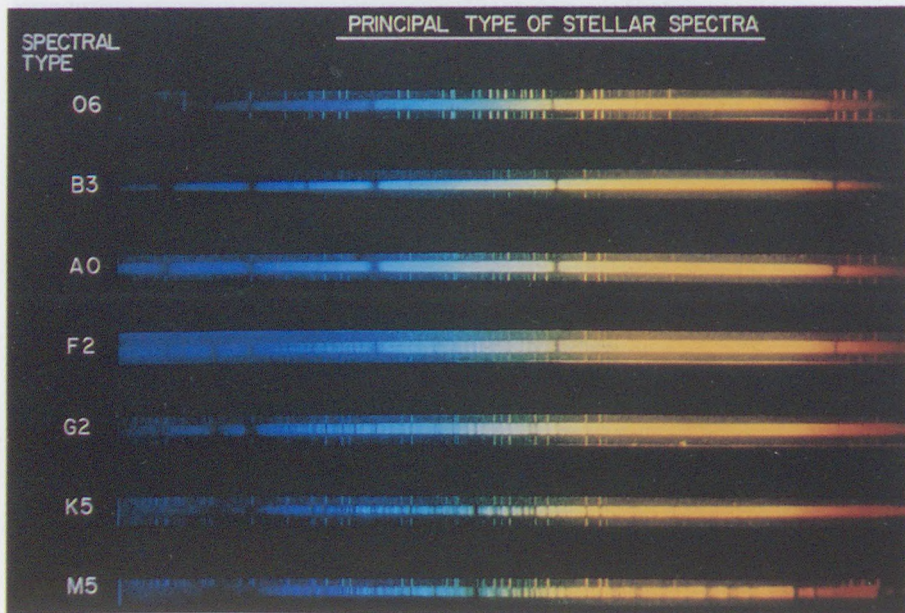
21. A franciaországi Nancay rádióteleszkóppal már egy sor SETI-megfigyelést végeztek.



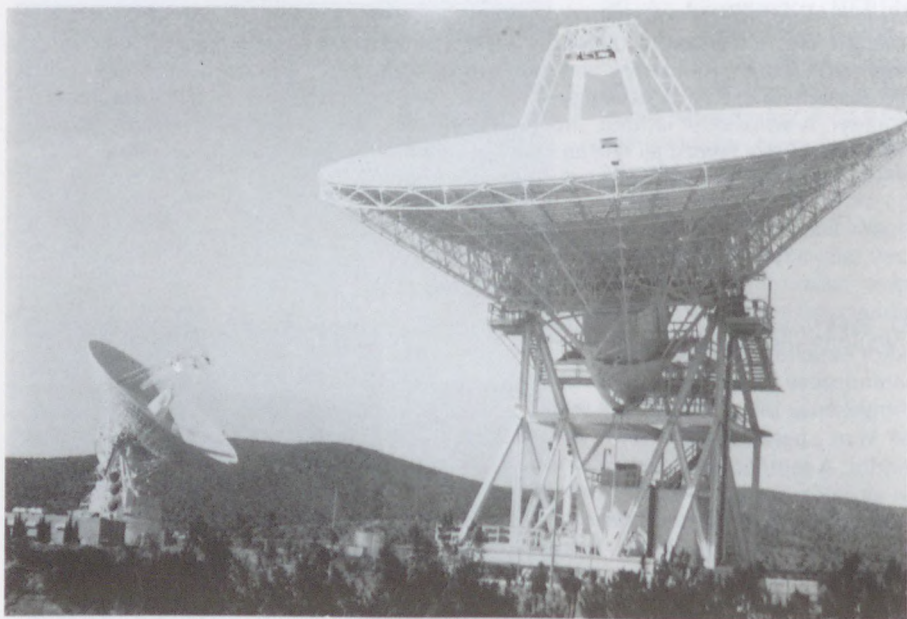
22. A NASA SETI-programjának kísérleti üzemében észlelték ezt a Naprendszer határain kívülről érkező, egywattos jelet. A Pioneer—10 űrszondáról érkezett. A képernyőn látható mindegyik vízszintes vonal (körülbelül 100 ilyen van) 200 különálló csatornára osztható. Ezek együttesen fedik le a képernyőn kijelzett frekvenciatartományt. A vonalakon látható „hó” a 200 csatorna pillanatnyi teljesítményét jelzi. A Pioneer—10-ről érkező jel tisztán kivehető; a Föld forgása miatti frekvenciaeltolódás az oka, hogy ferde vonalként jelenik meg a képernyőn.

23. Ezt a Voyager—2-ről érkezett jelet akkor észlelték, amikor a NASA SETI-berendezése elkészítette az űrszonda környékének rádiótérképét. Így próbálták ki az „összégboltos” SETI-üzemmódot. A fenti ábrán látható Pioneer-jel észlelésekor a „célzott” üzemmód működött, vagyis keskeny sávú üzemben egyenként pásztázták végig a Naphoz hasonló csillagokat.

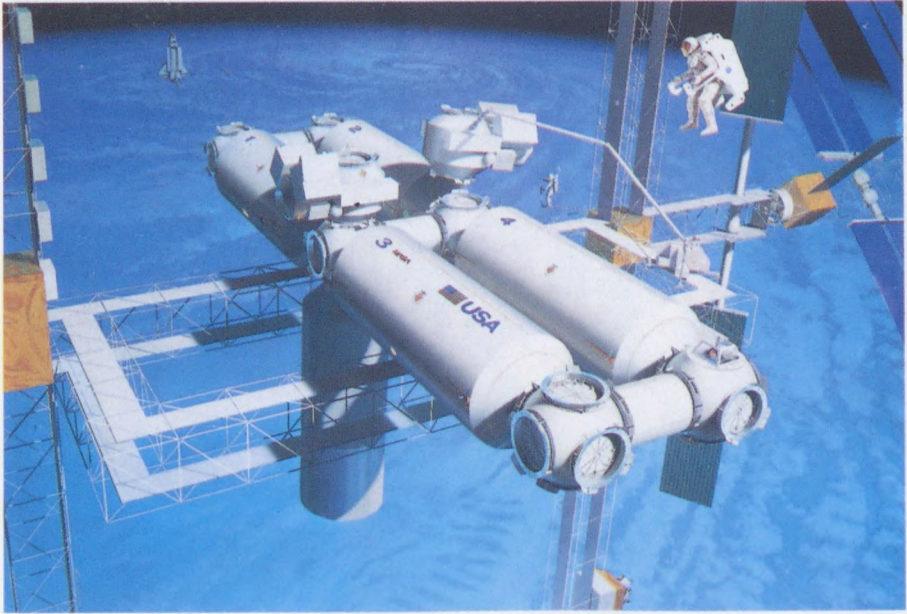




24. A csillagokról készített színeképek megmutatják, hogy mely égitestek hasonlítanak a Naphoz, vagyis melyekre fordítsanak különös figyelmet a SETI-megfigyelők.



25. A kaliforniai Goldstone közelében felállított rádióteleszkópokat a NASA SETI-programjának keretében használják. Ezek a tükrök a NASA műholdkövető hálózatának részei.



26. Ezt a 6-8 fős űrállomást a NASA részére tervezte a McDonnell Douglas cég. Az ehhez hasonló űrállomások az űrtechnika fejlődésével egyre nagyobbak és civilizációink számára egyre fontosabbak lesznek. A következő lépés már az állandó űrkolóniák létesítése.



27. Így képzelel el a művész a Bernal-gömb típusú űrgyarmatot.



28. A Holdra tartó Apollo—17 űrhajósai készítették ezt a felvételt kék bolygónkról. Vajon gyakori kísérői az ilyen bolygók a Naphoz hasonló csillagoknak, vagy csak ritka díszei a Galaxisnak? A válasz keresése közben új perspektívák nyílnak meg előttünk. „Az első holdutazásnak nem az volt a legfontosabb mozzanata, hogy az ember a Hold felszínére lépett, hanem az, hogy meglátta onnan a Földet” — mondta Norman Cousins.

kapnak a Naptól. Mindkét bolygó belső hőt sugároz, amelynek eredetét egyelőre az igen lassú gravitációs összehúzódással magyarázzák. Mindazonáltal a Jupiteren és a Szaturnuszon talán felfedezhetnénk a több mint négymilliárd éves szerves kémiai fejlődés eredményeit. Az elmúlt 30 év során folytatott őslégkör-kísérletekben bőven állították elő az élet molekuláit, amelyek a Jupiter és a Szaturnusz barnászörös színéhez hasonló árnyalatúak.

Sajnos elképzelhető, hogy a belső hő nyomán szükségszerűen keletkező erős konvekciós áramlatok miatt a szerves molekulák fejlődése a Jupiteren és a Szaturnuszon nem juthatott el addig a pontig, ahol létrejöhett volna az élet. A Jupiter körülbelül háromszor annyi hőt sugároz ki, mint amennyit a Naptól kap, a Szaturnusz kétszer annyit. A belső hő által keltett konvekciós áramlások jelei tisztán láthatók a NASA-nak a Jupiterről és a Szaturnuszról készített fényképein. Így az egyre bonyolultabb formákba szerveződő, az élet küszöbén álló szerves molekulák előbb felkerülnek az alacsonyabb hőmérsékletű és légnyomású rétegekbe, majd pedig lefelé, ahol bizonyosan elégnak.

Pedig a Földön hasonló problémákat győzött le a születő élet. A fitoplanktonok néven ismert egysejtű algák, a tengerek felszínén leggyakrabban előforduló planktonok nehezebbek a víznél, és előbb vagy utóbb végleg lesüllyednek egy olyan szint alá, ahol már nem lehetséges a fotoszintézis. Az örvények segítenek abban, hogy a fitoplankton a felszínen maradhasson, és így elegendő fényhez jusson, a planktonnak pedig halálos elsüllyedése előtt még feltétlenül reprodukálnia kell, és általában ez sikerül is neki. A földi élet történetének legnagyobb részében a bioszférát főként a fitoplanktonok léte jellemezte. Akkor tehát lehetséges, hogy a gázóriások konvekciós áramlataiban fennmarad az élet? Talán igen. Nem szükségképpen a Jupiteren vagy a Szaturnuszon, de talán elképzelhető más bolygórendszerek gázóriásaiban, sőt akár az Uránuszon vagy a Neptunuszon is, ahol nem olyan erősek a konvekciós áramlások.

Persze ettől még nem hárul el a fő akadály.: könnyen lehet, hogy az atmoszférának az élet születéséhez szükséges anyagokat tartalmazó rétegei nem találkoznak a megfelelő hőmérséklet-tartománnyal. A NASA adatai szerint lehetséges, hogy a Jupiter túlságosan hamar felforrósodik a kelletténél magasabb hőmérsékletre, bár a Szaturnuszon belül kevésbé meredek a hőmérséklet-gradiens.

Ezekben a különös világokban jóval érdekesebb lehet az élet, mint egy Föld típusú bolygón, például a Marson. De a gázóriások — akár itt, akár más bolygórendszerekben — nem adhatnak otthont technikai civilizációt létrehozó ETI-knek. Ilyenek nem fejlődhetnek ki abban a környezetben. Ennél még az is valószínűbb, hogy a Föld tengereiben kifejlődik egy technikai civilizációt teremtő faj, mivel itt legalább a tengerfenék különféle lakóhelyeket és potenciális technikai alapanyagokat kínál.

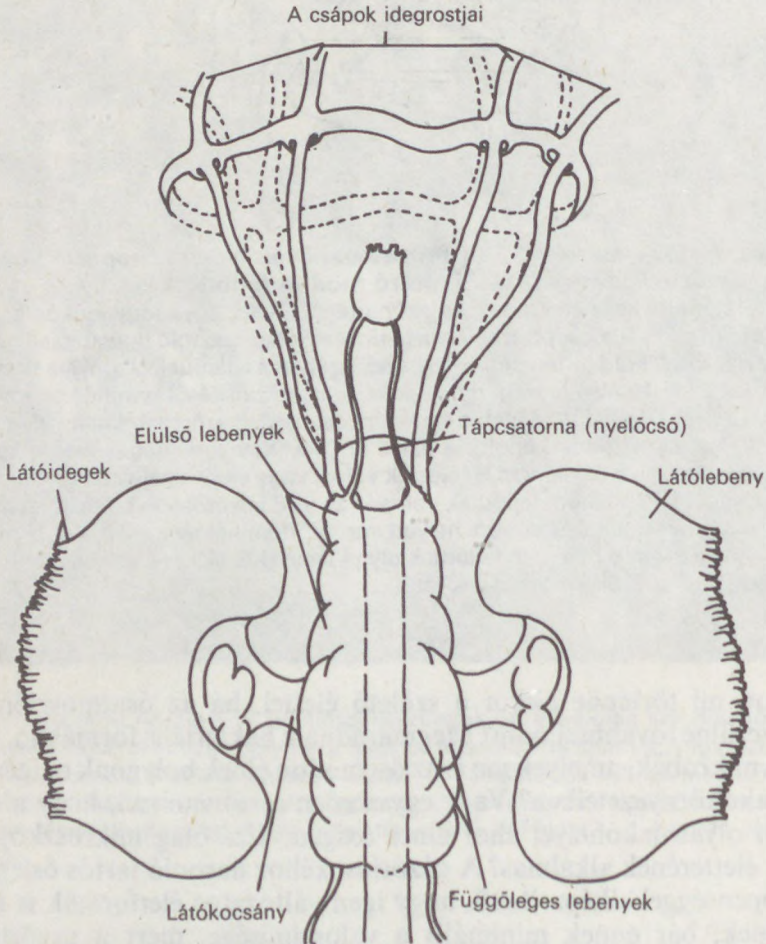


13. ábra. A polip és rokonai (a fejlábúak néven ismert csoport) központi idegrendszere a gerincesekétől eltérő módon fejlődött ki

A laboratóriumi kísérletek azonban azt mutatják, hogy ugyanúgy működik. A fejlábúak az egyetlen állatcsoport, amely a gerincesekéhez hasonló típusú intelligenciával rendelkezik. A Föld történetének egy szakaszában a fejlábúak bizonyára versenyre keltek a halakkal, az első igazi gerincesekkel, amelyekből később minden nagy testű szárazföldi állat kifejlődött. Minden hátgerinccel rendelkező állatfajnak (így az embernek is) bizonyos tüdős-kopoltyús halak az ősei. Nem kerülhetjük meg a kérdést: mi történt volna, ha a halak nem is léteztek volna, vagy életformájuk csődöt mondott volna? Talán a fejlábúakból fejlődtek volna ki az első jelentősebb szárazföldi állatfajok, és a számos gerincescsoport helyett ma ők dominálnának a Földön? Annyit tudunk, hogy a tengerben nem fejlődtek olyan lényekké, akiknek esélyük lenne arra, hogy technikai civilizációt hozzanak létre.

Vajon mi történne akkor a születő étellel, ha az ósztatmoszférában kényszerülne továbbfejlődni? Megmaradna-e bakteriális formában, mint azok a mikrobák, amelyek ma is az ősi módon élnek bolygónk oxigénszegény lakókörnyezeteiben? Vagy egyszerűen arról van szó, hogy a Föld egy-két olyan lakóhelye, ahol nincs oxigén, kizárólag mikroszkopikus lények életterének alkalmas? A gázóriásokéhoz hasonló tartós ösléggkörben éppenséggel elképzelhető, hogy igen változatos életformák is kifejlődhetnek, bár ennek minimális a valószínűsége, mert a gázóriások lakóhelykínálata rendkívül korlátozott. Azért talán nem lehetetlen, hogy az élet formái itt is, mint a bolygók, két nagy kategóriába sorolhatók: az elsődleges életre az elsődleges zónákban, és a bolygó második légkörében található másodlagos zónák életére (mi az utóbbi kategóriába tartozunk). Bármilyen is az igazság, a Földön kívüli élet iránt érdeklődők számára izgalmas élményt nyújt majd a jövőben a gázóriások részletes tudományos vizsgálata.

1976-ban Carl Sagan és E. E. Salpeter, a Cornell Egyetem Rádiófizikai és Űrkutatói Központjának munkatársai hosszú közleményt publikáltak, amelynek témája az élet lehetséges evolúciója a Jupiteren, helyesebben a Jupiterben. Úgy vélték, ezen a bolygón a mélyre süllyedő, a lebegő és a vadászó életformát folytató organizmusok megtalálhatják a számukra ökológiailag kedvező körülményeket — röviden: egyensúlyban



14. ábra. Egy polip ágya felülnézetben

Más felépítésű, mint a gerincesek agya, a kísérletek azonban arra utalnak, hogy az egyszerű emlősök agyához hasonló elven működik. Figyeljük meg az állat tápcsatornájának (nyelőcsővének) különös elhelyezkedését: egyenesen áthalad az agyon. (Képzeljük csak el, milyen furcsa lenne, ha a gyomor felé vezető úton előbb minden táplálék keresztülmenne az agyunkon!) A polip két látólebenyének tömege megegyezik az agy többi részének tömegével, és ez jelzi az állat vizuális képességeit. A látóidegek rojtjai a két szem retinájához kapcsolódnak.

van az ökoszisztéma. Elképzelésük azzal támadható, hogy noha ilyen különböző organizmusok is fenntarthatják az ökoszisztéma egyensúlyát, a lebegőknek és a vadászóknak ugyanabban a környezetben kellett volna kifejlődniük, mint a mélyre süllyedő organizmusoknak, a földi óceánok fitoplanktonjaihoz hasonlóan. Nem tudjuk elképzelni, hogy mások lennének a feltételek egy gázóriásban. Itt aztán véget is ér az óceánnal vont párhuzam, hiszen nálunk sem a lebegő élőlények (a medúzák és rokonaik), sem a vadászok (a halak és sok gerinctelen) nem fejlődhetek volna ki, nem tudtak volna kifejlődni az óceánok felszíni vizeiben, ahol a fitoplanktonok élnek. Feltehetően ugyanez vonatkozik a gázóriásokban található organizmusok fejlődésére is.

Bármilyen meglepetésekkel is szolgálhat számunkra a gázóriásokban fellelhető élet, főleg azokkal a bolygókkal kell foglalkoznunk, amelyeken a technikai civilizáció létrehozására képes ETI-k alakulhatnak ki. Az óceánok élővilágának evolúcióját ismerve úgy gondoljuk, hogy egy gázóriás hasonló környezetében sem fejlődhet ki technikai civilizáció. Talán elérhetnek a delfinek intelligenciaszintjére, de tovább nem. Mindez alátámasztja, hogy technikai civilizáció csakis szárazföldön jöhet létre. Azt már tudjuk, hogy a szárazon kifejlődhetnek a szükséges biológiai feltételek.

A biológusok ragaszkodnak ahhoz a véleményükhöz, hogy ha máshol is van élet, akkor az élőlények bolygónként erősen eltérő alakot öltenek. Ez bizonyára igaz, mert az evolúció működési elvéből következik. De az életnek és fejlődésének olyan aspektusai is vannak, amelyek alapján felmerül a gondolat, hogy döbbenetes hasonlóságokkal is találkozhatnánk. A folyamatosan lakható bolygók fizikai fejlődése olyan korlátokat állít, hogy talán sok bolygón a földihez hasonló séma szerint mehetett végbe az evolúció. Még csak most kezdjük megismerni ezeket a korlátokat, de az igazságot csak akkor tudhatjuk meg, ha majd rábukkanunk arra a bizonyos X bolygóról küldött rádióüzenetre. Most tehát fordítsuk figyelmünket azoknak a csillagászoknak a csoportjai felé, akik a világ minden táján keresik a más világokból származó jelzéseket; nézzük meg, mely különféle rendszereket használnak, és vizsgáljuk meg, miféle jelek észlelésében reménykednek.

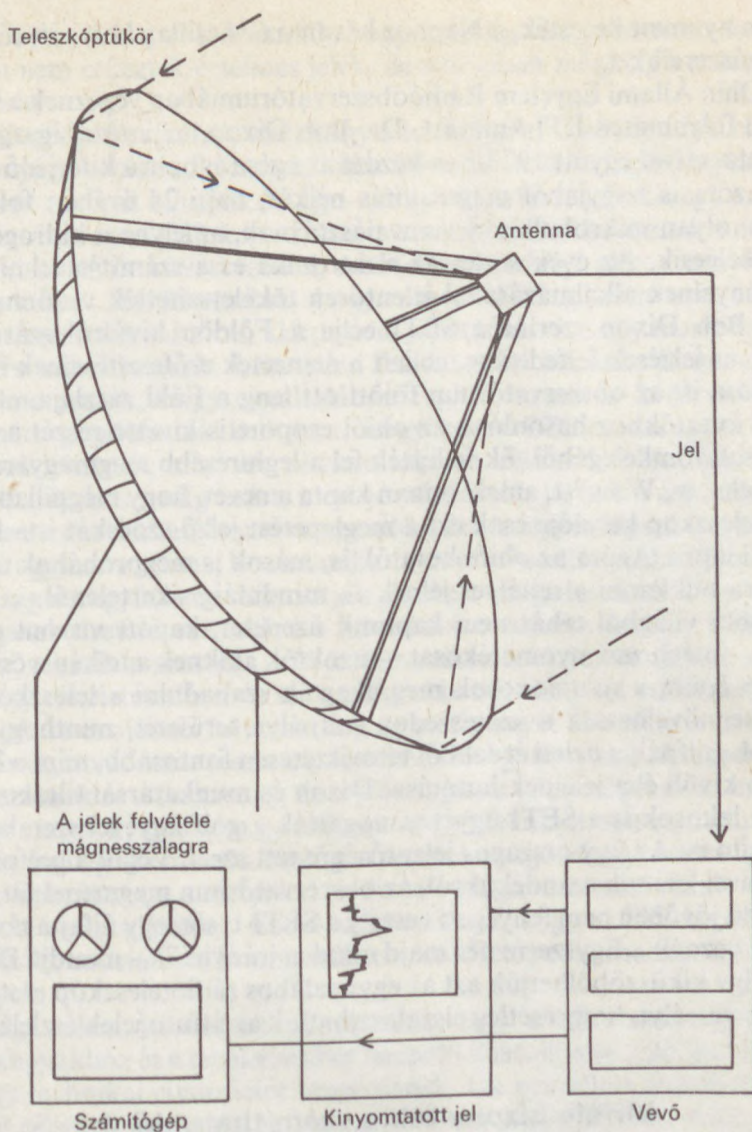
Az idegen intelligencia kutatása

A 2. fejezetben a világegyetem tudományos, technikai és biológiai felső határának lehetséges magasságáról elmélgedtünk. Ezek a határértékek valószínűleg jelentősen befolyásolják a számunkra érthető üzeneteket küldő ETI-k felfedezésének eshetőségét. Minél alacsonyabban van a határ, annál jobbak az esélyeink. Ha magasan van, talán sohasem leszünk képesek arra, hogy bármilyen ETI-nek a nyomára bukkanjunk. Mindenesetre ebben a könyvben feltételezzük, hogy az ETI-k annyira változatos és szerteágazó tevékenységet folytatnak, hogy ennek bizonyosságait mi is észlelhetjük, hiszen elsődleges célunk az, hogy rábukkanjunk nyomaikra; e felfedezés meggyőzhetne minket az élet és az értelem univerzális mivoltáról. A megértés — ha egyáltalán lehetséges valamilyen szinten — csak másodlagos szempont egyelőre.

Azóta, hogy 1960-ban, az Ozma-program keretében Frank Drake professzor először kezdett az űrből érkező intelligens jelzések után kutatni, a csillagászok körülbelül 50 alkalommal kutatták át az égboltot; egyes keresések órákon át, mások több éven keresztül tartottak. Némelyik kutatást többé-kevésbé folyamatosan végzik. Drake két közeli csillag, a Tau Ceti és az Epsilon Eridani tanulmányozásához az Egyesült Államok Nemzeti Rádióobszervatóriuma új, 25,9 m átmérőjű rádióteleszkópját használta a nyugat-virginiai Green Bankben. Az univerzális hidrogénvonal 1,4 GHz-es frekvenciája körüli sávban háromhónapos időtartamban összesen 200 óra hosszat figyelte őket egyetlen egycsatornás vevőkészülék segítségével.

A csillagászok máig több mint 200 ezer órán keresztül kutatták az égboltot. De egy órányi keresés most sokkal többet ér, mint az Ozma-program idején. A folyamatosan és gyorsan fejlődő elektronika és számítástechnika a megfigyelés óráit egyre hatékonyabbá teszik. A harvardi Smithson Obszervatórium folyamatos SETI-programja, a META például egyidejűleg több mint nyolcmillió csatornán végzi a keresést. Így egyetlen másodperc alatt többre juthatnak, mint annak idején Drake három hónap alatt egycsatornás készülékével.

Az Ozma—2 programon 1972 és 1976 között Green Bankben dr. Pat Palmer és dr. Benjamin Zuckerman dolgozott; ebben az időszakban már



15. ábra. A rádióteleszkóp fő részei

A tükör felfogja az űrből érkező rádióhullámokat, és az antennára fókuszálja azokat. Innen a jel a vevőre kerül. A többmilliószorosan erősített jeleket folyamatosan kinyomtatják és egyúttal mágnesszalagon vagy lemezen rögzítik.

a Szovjetunióban, Franciaországban és az USA több más részén is elkezdtek jó néhány kutatási programot. Palmer és Zuckerman 500 órán át kutatta a mikrohullámú spektrumnak ugyanazt a részét, amelyeket annak idején Drake is vizsgált (az 1,4 GHz-es hidrogénvonalon); idegen

értelem nyomait keresték, a Naphoz hasonló 674 csillag bolygóit célozva meg műszereikkel.

Az Ohio Állami Egyetem Rádióobszervatóriumában végeznek a legrégebben folyamatos ETI-kutatást. Dr. Bob Dixon, az intézet igazgatója munkatársaival együtt 1973-ban kezdte az egész égboltra kiterjedő keresést. Azóta is nagyjából megszakítás nélkül, napi 24 órában folyik a munka; olyan mikrohullámú sávot pásztáznak, amelybe a hidrogénvonal is belesik. Az évek során az elektronika és a számítástechnika új eredményeinek alkalmazásával jelentősen tökéletesítették vevőrendszerüket. Bob Dixon szerint a SETI célja a Földön kívülről származó intelligens jelzések felfedezése mellett a nemzetek erőfeszítéseinek összehangolása is; az obszervatórium fölött ott leng a Föld zászlaja.

Más kutatókhoz hasonlóan az ohioi csoport is kivette részét a téves riasztások tömkelegéből; ők fedezték fel a leghíresebb megmagyarázhatatlan jelet, a „Wow”-t, amely onnan kapta a nevét, hogy megpillantásakor a teleszkóp kezelője csak ezt a meglepetést jelző szócskát írta fel az észlelési lapra. Azóta az ohioi kutatók is, mások is megpróbálták újra a nyomára bukkanni a rejtélyes jelnek — mindmáig sikertelenül.

A többi világból tehát nem kaptunk üzenetet, kapott viszont egyet Dixon — még hozzá nyomatékosan — azoktól, akiknek a telkén a csillagvizsgáló épült; a tulajdonosok meg akartak szabadulni a teleszkóptól, hogy megnövelhessék a szomszédos golfpálya területét, minthogy egy nagyobb golfpálya üzleti érdekből természetesen fontosabb, mint a bolygónkon kívüli élet jeleinek kutatása. Dixon és munkatársai tiltakoztak. A helyi lakosok is a SETI ügyét támogatták a golf ügyével szemben, a helyi sajtó is. Az ügy országos jelentőségre tett szert. Végül a golfpálya-építés hívei letettek szándékukról, az obszervatórium megmenekült, és a belátható jövőben nem fenyegeti veszély a SETI-t, sőt, egy újfajta távcsövet is terveznek. „Egyszerre néz majd minden irányba” — mondja Dixon —, „és így kiküszöbölhetjük azt az egynyalábos rádióteleszkóp esetében fennálló veszélyt, hogy esetleg elszalaszthatjuk az átfutó jelek észlelését.”

Miféle bizonyítékra számíthatunk?

Az, hogy a rádiócsillagászok miféle bizonyítékokat szereznek, attól függ, milyen jelek adását várják az ETI-ktől. A baj csak az, hogy a rádiócsillagászat nagyon fiatal tudomány, míg az adást közvetítő civilizációk feltétlenül nagyon régiek. A legcélszerűbb, ha azt feltételezzük magunkról, hogy nagyjából átlagosnak számíthatunk, és sok ETI és civilizáció hozzánk hasonló módon fejlődött — igaz, valószínűleg komoly időbeli eltérésekkel. Ebben vagy igazunk van, vagy reménytelenül tévedünk. Talán sohasem tudhatjuk meg, mi az igazság, de ahhoz, hogy bármiféle hipotézist ellenőrizhessünk, előbb fel kell tételoznünk valamit. Már ez is bizonyos

előrelépés. A kutatók elismerik, hogy az eddig végigpásztázott frekvenciákon nem érkeztek értelmes jelek, de valójában még alig kezdődött el a keresés.

Elfogadjuk azt a feltevést, hogy a technikai civilizációt kialakító fajok bizonyára kíváncsi, kommunikálni képes, kutatásra hajló lények. Ekkor viszont azt kell hinnünk, hogy — legalábbis történelmük egy szakaszában — bizonyos ETI-k motivációi nem sokban különböznek a miénktől. Ha ki akarjuk következtetni, mit tehettek eddig, akkor ennyit el kell fogadnunk. Ha feltennénk, hogy minden ETI teljesen más evolúción ment keresztül, mint mi, akkor nem jöhetnénk rá, hogy merre fejlődhetnek és miket tesznek. Lehetetlen feladat előtt állnánk, és nem is lenne értelme annak, hogy egyáltalában foglalkozzunk a kérdéssel. Ennek ellenére gondolnunk kell arra, hogy egyes ETI-k csakugyan egészen mások lehetnek, mint mi, részben teljesen különböző biológiai múltjuk miatt, részben pedig azért, mert jóval előrébb járnak a fejlődésben.

Az evolúció általában véve az emlősöket (a legintelligensebb állatokat) tette egyszerre társas, kommunikatív és értelmes lényekké. Ezek a tulajdonságok együttesen biztosítják életben maradásukat. Úgy tűnik, a magasabb rendű emlősökre a következő evolúciós szabály vonatkozik: ha növekszik a szociális célú kommunikáció biológiai igénye, akkor ez az agy tökéletesedését és az intelligencia növekedését vonja maga után. Ennek az evolúciós folyamatnak az eredményét láthatjuk a bálnák és a delfinek, a vadászat során oly hatékonyan együttműködő ragadozók (az oroszlánok és a farkasok), de legfőképpen a közönséges és az emberszabású majmok, valamint az ember esetében. Annyit már sejthetünk, hogy valószínűleg az emlősök biológiai szervezettségével egyenértékű fejlettségi szint szükséges a technikai civilizáció megteremtésére alkalmas intelligencia kialakulásához. Ebből az következik, hogy az ETI-k valószínűleg felettebb szociális és kommunikatív, emellett pedig rendkívül intelligens lények.

Úgy vélem, itt meg kell jegyeznünk, hogy a mi társas rovarjainkhoz, a hangyákhoz és a természetekhez hasonló állatok nem fejlődhetnek odáig, hogy technikai civilizációt teremtsenek. Ők genetikusan automaták. Ropant célszerű viselkedésük a génjeikbe van programozva. A konstruktív cselekvések viszont fejlődés eredményei. A hangyák és a természetek sohasem fognak rádióteleszkópokat építeni; erre csak akkor lennének képesek, ha az építés minden egyes fázisa külön-külön a génjeikbe lenne programozva, ehhez viszont elképzelhetetlenül hosszú folyamatra lenne szükség. Persze még akkor sem valósulna meg, mivel egy rádióteleszkópnak nincs semmiféle értéke a társas rovarok túlélése szempontjából.

Így leszűkíthetjük a kört olyan ETI-kre, akik társas lények (de nem olyanok, mint a társas rovarok) és velük születik a kommunikációs hajlam — még akkor is, ha ez mindössze monologizálásban merül ki, hiszen ez történik a Pioneer és a Voyager üzeneteivel is, mivel ezek az

űrszondák évmilliókon keresztül anélkül utaznak majd a csillagközi térben, hogy észlelnék azokat. A tőlünk teljességgel különböző és a számunkra felfoghatatlan fejlettségi szintet elért ETI-k esetleges létezéséről nem is érdemes tudomást vennünk.

Abban az esetben, ha azok a bizonyos felső határok nincsenek annyira alacsonyan, hogy egy átlagos technikai civilizáció a mi szintünkről már néhány 100 év leforgása alatt elérheti őket, akkor egyetlen számunkra érthető Földön kívüli civilizációra több száz számunkra érthetetlen is juthat. Márpedig a megértést lehetetlenné tevő szakadék talán reménytelenül áthidalhatatlan. Azok az ETI-k, amelyek csak annyival fejlettebbek nálunk, amennyivel mi fejlettebbek vagyunk legközelebbi rokonunknál, a csimpánznál, még ha akarnának, akkor sem tudnának kapcsolatba lépni velünk a csillagközi tér roppant messzeségéből.

Képzeljünk el egy még közelebbi kapcsolatfelvételt. Tegyük fel, hogy úgy 2000 évvel ezelőtt a Római Birodalom néhány tudósa rábukkan egy könyvtárra való modern tudományos és technikai könyvre, amelyek csak úgy átkerültek az ő korukba. Ezek a római tudósok is voltak olyan intelligensek, mint a mai ember, noha másfajta információkkal, más beállítottsággal rendelkeztek, mint mi. De azért történelmük és kultúránk sok mindenben közös a miénkkel. Mindössze 2000 esztendő történelme választja el őket azoktól a könyvektől. Még ha meg is értenék a nyelvünket, vajon mennyi idejükbe telne, amíg megértik és alkalmazni is tudják a modern tudomány eredményeit? Én úgy gondolom, hogy ez a legjobb esetben is több emberöltőt venne igénybe.

Most állítsuk szembe az ő problémáikat hasonló emberek (saját magunk) — egyelőre ismeretlen — problémáival, amelyekkel akkor szembeülnénk, ha például a Holdon egy idegen adatbankra bukkannánk. Minket nem kétezer, hanem talán kétmillió vagy kétmilliárd év is elválasztana az adatbank létrehozóitól. Mi pedig nem csupán egy másik fajhoz tartozunk, de evolúciónk is biológiailag eltérő volt. Annyi bizonyos, hogy a mi problémáink jóval súlyosabbak lennének, mint a római kori tudósoké. Csak a tudás és az intelligencia nagyon alacsony univerzális felső határai mellett érthetnénk meg valaha is annak az adatbanknak a tartalmát.

Kozmikus kommunikációs rendszerek

A SETI-programokban részt vevő rádiócsillagászok közül néhányan úgy vélekednek, hogy egy fejlett technikai civilizációnak szükségszerűen a rádiótechnikája is fejlett. Meglehet, hogy valamikor minden fejlett technikai civilizációban használták a rádiótechnikát, de vajon továbbra is használják? Ez itt a kérdés. Vajon a XX. század legfőbb kommunikációs eszköze ugyanilyen szerepet tölt be a világegyetem más fejlett civilizációi-

ban is? És ez már magában foglalja a következő kérdést: nem alkalmaznak a rádiónál fejlettebb eszközöket a csillagközi kommunikációban?

Azt már tudjuk, hogy egy „fénysebességű” rendszer ugyan bőven megfelelő a Földön, de már a Naprendszeren belüli viszonylag rövidebb távolságokhoz sem elegendő. Már most kezd problémát jelenteni az az elkerülhetetlen időkésés, amely a személyzet nélküli, a külső bolygókat és holdakat vizsgáló, távoli űrjárművek fedélzeti számítógépeivel való kommunikációt jellemzi.

Száz évvel ezelőtt nem létezett a Földön rádiókommunikáció. A rádióhullámokat csak 1888-ban fedezte fel egy német fizikus, Heinrich Hertz, és csak 1901-ben sikerült Guglielmo Marconinak leadnia az első üzenetet rádióhullámokkal az Atlanti-óceán túlsó partjára. Nem vagyunk-e mi túlságosan merészek — vagy túlságosan naivak — amikor azt gondoljuk, hogy azok a civilizációk, amelyek talán évmilliókkal megelőztek minket, még mindig rádió útján kommunikálnak (igaz, valószínűleg sokkal magasabb energiaszinten)? Lehet, hogy olyanok vagyunk ilyenkor, mint Pápua Új-Guinea bennszülöttei, akik dobszó útján továbbították az üzeneteiket, és azt hitték, hogy a náluk előbbre járó emberek is így kommunikálnak a tengereken keresztül, csak éppen nagyobb dobokat használnak? Vagy olyanok vagyunk, mint egyes észak-amerikai indián törzsek, amelyeknek füstjelzésekhez szokott tagjai azt hitték, hogy a nagy tüzek égre szálló füstje távoli földrészekre is eljuttatja üzeneteiket?

Azok a rádiócsillagászok, akik ETI-k rádiójeleit keresik, kétféle feltételezés alapján gondolkozhatnak: vagy azt vallják, hogy sohasem fedezhetők fel olyan új fizikai törvényszerűségek, amelyek lehetővé teszik egy hatásosabb kommunikációs technika kifejlesztését, vagy azt, hogy egyes ETI-k a rádiófrekvenciák segítségével próbálnak megtalálni minket (bár nagyon valószínű, hogy az ő szemükben ez már elavult módszernek számít).

Lehet, hogy semmiféle új fizika nem hoz majd új, más jellegű kommunikációs technikát, és már minden információ a birtokunkban van, e téren nincs más felfedeznivaló a világegyetemben. Ez esetben valóban számíthatunk arra, hogy gyakorlatilag minden kommunikációs képességgel bíró ETI tökélyre vitte a rádiótechnikát.

De ha a rádió a csillagközi kommunikáció univerzális netovábbja, akkor nemigen számíthatunk arra, hogy Galaxisunkban nagyon divik a kétirányú kommunikáció, hacsak a kiterjedt gyarmatosítás következtében ETI civilizációk nem kerültek egymáshoz néhány fényévnnyi közelségbe. Akkor viszont sok kivándorló ETI él olyan bolygórendszerekben, ahol sohasem léteztek, sohasem fejlődhettek ki a Földhöz hasonló bolygók.

Az elektromágneses sugárzás fénysebesség korlátja még akkor is erős frusztrációs tényező maradna, de egy-két évtizedes „várakozási időt” még el tudnánk viselni. Akkor megpróbálhatnánk kommunikálni vala-

kikkel. Ha viszont több ezer fényév választ el minket az ETI-ktől, akkor már nehezebb elképzelni a párbeszédet. Monológot igen, de dialógust már kevésbé.

Ha a rádióhullámok útján társalgó civilizációk viszonylag közel vannak egymáshoz a Galaxisban, akkor talán a fénysebesség-korlátozás ellenére is kiépíthettek egy kommunikációs hálózatot. Azok, akik korábban jeleket küldözgettek, és partner ETI-k közelsége miatt sikerrel jártak, már kiépíthettek egy olyan hálózatot, amely a kommunikáció további folytatását elősegítette.

De ha a természet törvényei valamilyen gyorsabb módszert is lehetővé tesznek, akkor nem szükséges, hogy egy szupercivilizáció akár csak néhány évet is várjon az űrbe sugárzott üzenetekre küldött válaszra. Persze ha leküzdhető a fénysebesség-korlátozás, nem számítana többé, milyen távol vannak a kommunikáló ETI-k; akkor létrejöhetne a hálózat.

Így hát, feltéve, hogy nem mi vagyunk a Galaxisnak az egyedüli értelmes lakói, két alternatíva látszik reálisnak.

Az első: a gyarmatosított Galaxisban jó néhány, elektromágneses hullámokat használó hálózat alakul ki (vagy ha létezik egy gyorsabb információhordozó, akkor talán csak egyetlen nagy hálózat).

A második: az ETI-k nem gyarmatosított galaxisokban élnek, és köti őket a kommunikációt korlátozó fénysebesség-határ, ráadásul túl kevesen vannak, és túlságosan is messze vannak egymástól ahhoz, hogy valaha is csillagközi párbeszédet folytathassanak.

Néhány fejlett civilizációról azonban még akkor is elképzelhető, hogy üzeneteit kisugározza a Galaxisba, ha semmi remény arra, hogy valaha is megérkezik a válasz.

Milyen frekvenciákon?

Ha feltételezzük, hogy az ETI-k rádiófrekvenciákon vagy az elektromágneses spektrum más frekvenciáin sugározzák üzeneteiket, akkor a fő problémát az jelenti, hogy a lehetséges frekvenciák száma gyakorlatilag végtelen nagy. Semmiféle közeg nem nyújthat az elektromágneses spektruméhoz fogható széles választékot. Az univerzumból érkező háttérzaj 1 és 60 GHz között minimális, így a leginkább ebben a világűrben zavarmentesen fogható mikrohullámú sávban számíthatunk a jelek felbukknására. Légkörünk burka alatt azonban ez a zavarmentes sáv leszűkül az 1 GHz-től 10 GHz-ig terjedő tartományra. Ezen a hullámsávon belül oda kell figyelnünk egyes meghatározott frekvenciákra, például a hidrogén- és a hidroxilvonalra, amelyek különösen akkor tehetnek szert nagy jelentőségre, ha éppen ezeken a frekvenciákon a legkisebb a jelek csillagközi sugárzásának energiaszükséglete.

Ezért a rádiócsillagászok úgy gondolják, hogy az ETI-k az 1 és 3 GHz közötti mikrohullámú sávot használhatják. Ez csak egy kis része az elektromágneses spektrumnak, habár nem kevesebb mint kétmilliárd frekvenciát tartalmaz. A korszerű számítástechnika azonban segít a kutatóknak a probléma megoldásában. Olyan rendszerek (jelanalizátorok) épülnek, amelyek egyidejűleg több millió frekvenciát is figyelemmel tudnak kísérni. A Harvard-Smithson Obszervatórium SETI-programja Massachusetts államban olyan jelanalizátort használ, amely egyszerre 8,4 millió frekvenciát tarthat megfigyelés alatt.

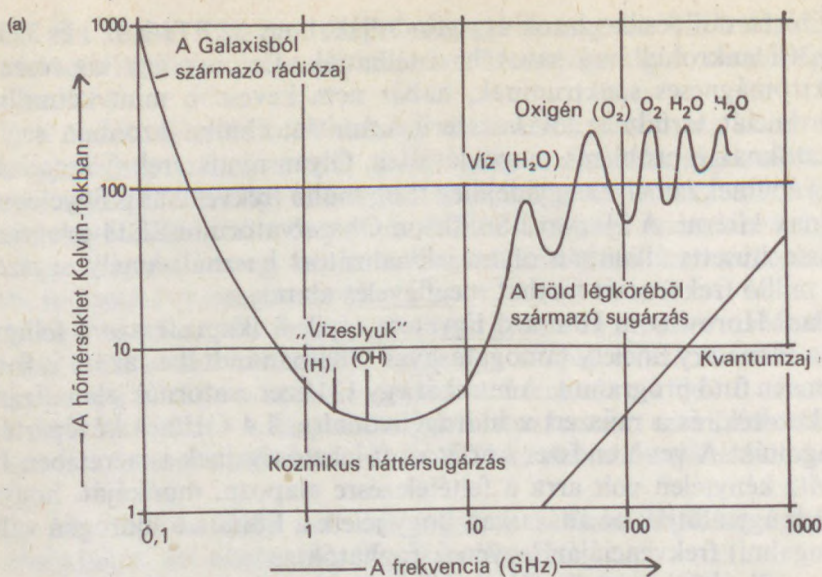
Paul Horowitz, a Harvard Egyetem egyik fizikaprofesszora felügyeli ezt a Planetary Society támogatásával 1983-ban indult és azóta is folyamatosan futó programot. A munkát egy 131 ezer csatornás jelanalizátorral kezdték, és a műszert a hidrogénvonalra, 1,4 GHz-es középértékre hangolták. A vevőrendszer korlátozott lehetőségeinek ismeretében Horowitz kénytelen volt arra a feltételezésre alapozni munkáját, hogy az ETI-k úgy állítják be adásaikat, hogy jeleik a Földön a hidrogén valódi (nyugalmi) frekvenciáján legyenek foghatók.

A csillagközi kommunikációval próbálkozóknak az a legnagyobb problémája, hogy minden mozog. A Föld kering a Nap körül, az pedig körben mozog a Galaxisban. Mozog maga az adást küldő ETI is. Ezek a mozgások mindenfajta rádióadásnak megváltoztatják a frekvenciáját — a jól ismert Doppler-effektus miatt. Ha az adó és a vevő távolodik egymástól, akkor a frekvenciák kisebbek, ha közelednek, akkor nagyobbak lesznek. Így hiába adna az ETI a hidrogénvonal frekvenciáján, ha ez mozgásunk miatt más frekvencián érne ide.

Horowitz feltételezte, hogy az adást sugárzó civilizáció figyelembe veszi és kompenzálja a viszonylagos mozgásunkból származó frekvenciaeltolódásokat. Ez persze azt jelentené, hogy az adást kifejezetten nekünk sugározzák — ami talán csak hiú ábránd. Erre Horowitz is rájött, és később, amikor munkatársaival megépítették új jelanalizátorukat, amellyel egyidejűleg 8,4 millió csatornát tarthatnak megfigyelés alatt, sikerült kiküszöbölnie a korábbi akadályozó tényezőket. Erre a lépésre 1985-ben, Stephen Spielbergnek, az *E.T. (A Földön kívüli)* és más sikerfilmek rendezőjének a nagylelkűsége folytán kerülhetett sor, aki a Planetary Society rendelkezésére bocsátotta a szükséges pénzüsszeget.

Így, hogy a megfigyelt csatornák száma 8,4 millióra emelkedett, már nem jelenthetnek akkora problémát az adó és a vevő relatív elmozdulásából adódó frekvenciaeltolódások. Horowitz folyamatos SETI-programja a Harvard Egyetemen összeállított korszerű jelanalizátor nevét viseli: META, azaz Mega Channel Extraterrestrial Assay, Földön kívüli jeleket vevő megacsatornás rendszer. Félmillió forrasztott érintkezés van benne, és 120 miniszámítógéppel egyenértékű adatfeldolgozási képességgel rendelkezik.

Horowitz és munkatársai hat hónap alatt végigpásztázzák az egész



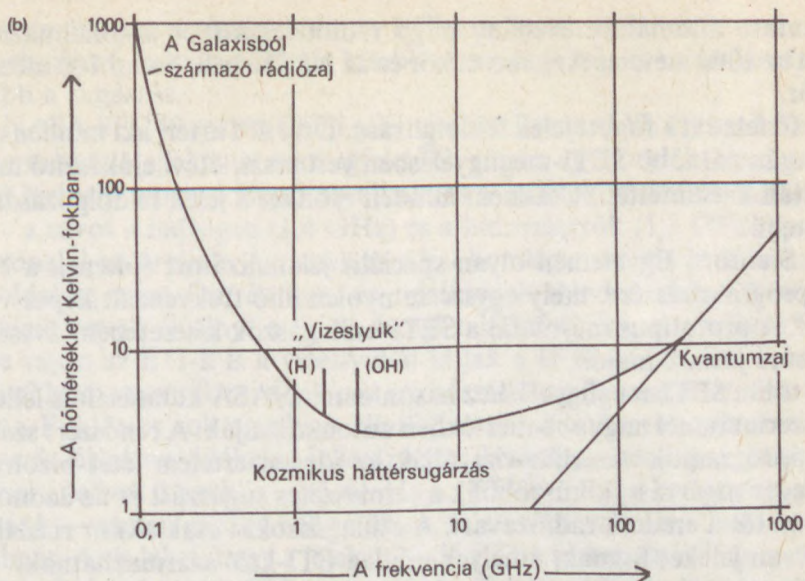
16. ábra. Mikrohullámú ablakok a Földről és a világűrből nézve

a) Kis mikrohullámú frekvenciákon (az ábra bal oldalán) a Galaxisból érkező rádió zaj interferenciába lép a megfigyelésekkel. Ennek oka a mágneses terek és töltött részecskék kölcsönhatása. A nagyobb frekvenciákon (az ábra jobb oldalán) fellép a kvantumzaj, mindenféle elektromágneses sugárzás természetes kísérőjelensége. E két véglet között található „csendes zóna” a legalkalmasabb a megfigyelésre; a légkör viszont az ablak teljes szélességében, minden frekvencián sugároz, különösen — amint ez az ábrán is látható — a víz és az oxigén frekvenciáján. A hidrogénvonalaltól

égboltot. A teleszkópot rögzítik, így mialatt a Föld egyszer megfordul a saját tengelye körül, a műszer minden nap végigpásztazza az égnek egy teleszkópnyaláb szélességű sávját. Az érkező jel körülbelül két és fél percre lenne a nyálában, és a későbbi, tüzetesebb vizsgálat érdekében minden érdekesebb jelet tárolnak. Eddig az 1,4 GHz-es és az 1,7 GHz-es frekvencián (a hidrogénvonalon és a hidroxilvonalon) kutatták át az eget.

Különleges vevőrendszerek

Az eddigi legnagyobb vállalkozás, a NASA SETI-programja a NASA Bolygók Biológiája Programjának a része, amely az univerzumban az élet születésének és fejlődésének megértését célozza. A korábbi kutatások csak Galaxisunk egy-egy apró töredékére szorítkoztak több milliárd rádiófrekvencia felhasználásával, amelyek bármelyike hordozhatja a Földön kívüli értelem bizonyítékát. De a NASA sokrétűbb, összehangoltabb, központilag irányított szintre emelte a kutatást. Egyes



(H) a hidroxilgyökig (OH) terjedő hullámsávot „vizeslyuknak” hívják, mivel számunkra és talán a Galaxis más, vízcentrikus élőlényei számára is a H és az OH együttesen a vizet (H_2O) jelenti. A kozmikus háttérsugárzásból is származik zaj, ami a tudósok szerint a világegyetem születésének, az ősrobbanásnak az eredménye.

b) Az űrből nézve szélesebb a mikrohullámú ablak, de még így is korlátokat jelent a Galaxis szinkrotronsugárzása (az ábra bal oldalán) és a kvantumzaj (a jobb oldalon). Az univerzum születéséből származó háttérzaj mindig jelen van.

tudósok úgy vélik, hogy komoly esélye van annak, hogy a SETI még évszázadunk végén meg hozza az első sikert, persze senki sem tudhatja, mi várható.

A program keretében 1982 októberében kezdődött meg a munka a SETI egyik veteránjának, dr. Bernard Olivernek a vezetésével. A NASA Ames Kutatóközpontja, a Jet Propulsion Laboratórium és a Stanford Egyetem tudósai hosszú évek munkájával fejlesztették ki a vevőberendezést, amelyhez számítógépek, jelanalizátorok és sok e célra írt számítógép-program is tartozik — ez utóbbiak között például olyan jelfelismerő programok is vannak, amelyek lehetővé teszik azt, hogy a rendszer az idő nagy részében emberi felügyelet nélkül működjön.

Az ilyen fejlett vevőrendszerekkel kiegészítve a régi rádióteleszkópok és radartányérok már jobban megfelelnek a SETI igényeinek. A SETI-rendszerek vevő és analízáló részei annyit tökéletesedtek, hogy minden részükben kiszorították a kutatók által kezdetben alkalmazott műszereket. A NASA-program részidőben több jelenleg is működő rádióteleszkópot, néhány régi radarberendezést is használ, köztük a NASA távoli-

űr-kutató állomásait. Néhány nagy rádióteleszkópot is alkalmaznak; ilyen az 1000 méteres Arecibo-tükör és az NSZK-beli, bonni 100 méteres tükör.

A fő feladat a fogott jelek feldolgozása. Dr. Jill Tarter, aki minden más csillagásznál több SETI-megfigyelésben vett részt, ötévi előkészítő munka után kijelentette: „Csaknem minden erőnket a jelek feldolgozásának szenteljük.”

A Stanford Egyetemen olyan speciális jelanalizátort építenek a NASA-program részére, mely egyszerre nyolcmillió frekvenciát képes vizsgálni. A prototípus másolatai a SETI-csillagászok kíséretében távcsőről távcsőre járnak majd.

A többi SETI-megfigyeléshez hasonlóan a NASA kutatásait is lehetőség szerint minél nagyobb mértékben automatizálják. A rendszert számítógépprogramok vezérlik: vizsgálják az idegen értelem létét bizonyító esetleges sugárzást, kiküszöbölik a természetes sugárzást és az azonosíthatóan földi eredetű rádiózavart. A csillagászokat csak akkor riasztják, ha olyan jeleket fognak, amelyek esetleg ETI-ktől származhatnak.

A berendezések elkészítése és a kutatási stratégia kidolgozása körülbelül öt évbe telt; a tényleges megfigyelések legalább tíz évet vesznek igénybe. A program megfigyelési része két részre oszlik: öt—hét évig tart majd az egész égboltra kiterjedő és három—öt évig a célra irányított keresés. Az egész égboltra kiterjedő keresés, amint azt elnevezése is mutatja, minden irányban folyik majd az 1—10 GHz frekvenciatartományban. Az irányított keresés keretében a csillagászok 1000, e célra kiválasztott csillagot és néhány furcsa égi objektumot figyelnek majd meg, és az 1—3 GHz tartományban próbálnak meg folyamatos vagy szakaszos intelligens jelzésekre bukkanni.

Az 1000 méteres Arecibo-tükörrel egy 1000 fényév távolságban lévő hasonló tükör jelét is fel lehetne fogni. Az egész égboltra kiterjedő keresés során — feltéve, hogy az ETI-k a miénkkel azonos szinten álló rádiótechnikát használnak — a 40 fényévig terjedő távolságból érkező jelekre találhatnánk rá. Mindezek ellenére a SETI-kutatók többsége abban reménykedik, hogy az ETI-knek erősebb adóik vannak, mint azok, amelyeket mi tudnánk építeni rádiótechnikánk jelenlegi szintjén.

A vizeslyuk

Továbbra is komoly problémát jelent annak az eldöntése, hogy az elektromágneses spektrum mely részében kutassunk. A mikrohullámú sáv egyik érdekes része a „vizeslyuk” nevet viseli, mert a sávot egyik végén a hidrogén elem (H) univerzális frekvenciája, a másikon pedig az OH molekula sugárzási frekvenciája határolja. Ha ezt a kettőt (a H-t és az OH-t) összetesszük, H₂O-t, vagyis vizet kapunk. Az elektromágneses

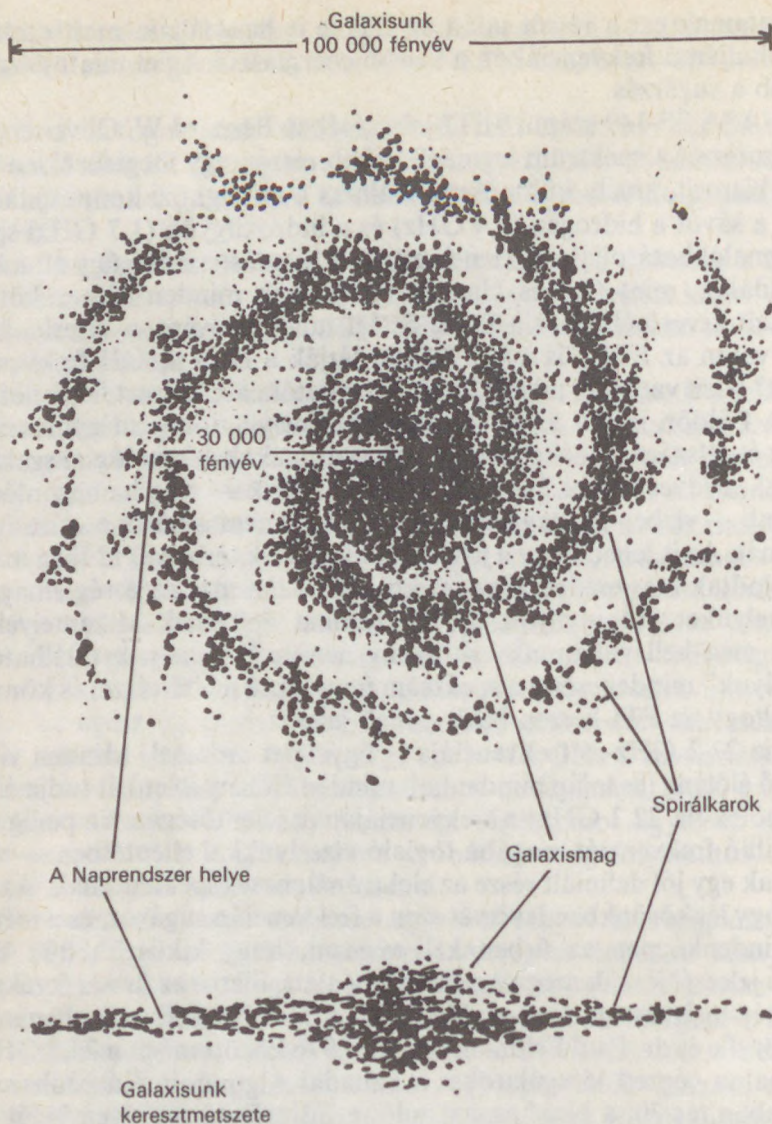
spektrumnak ezt a részét talán az ETI-k is használják, mert ezeken a mikrohullámú frekvenciákon a kisebb energiaszükséglet miatt gazdaságosabb a sugárzás.

A NASA SP-149 számú SETI-jelentésében Bernard W. Oliver ezt írja: „A természet a spektrum legmegfelelőbb részén egy meglehetősen szűk sávot biztosít, amely különösen alkalmas a csillagközi kommunikációra. . . a sávot a hidrogén (1,4 GHz) és a hidroxilgyök (1,7 GHz) spektrumvonalai határolják. A víznek ez a két bomlásterméke úgy áll a kapu két oldalán, mint Om és Um, és odaintenek minden vízhez kötődő, rokonait kereső élőlényt a fajok ősrégi találkahelyére, a vizeslyukba.”

De vajon az ETI-k is a vizeslyukat látják a H és az OH frekvenciák között? Nem vagyunk mi egy kicsit sovíniszták, amikor ezt feltételezzük? Még a Földön is sok az olyan állatfaj, amelyik sohasem gyülekezik a száraz és félszáraz vidékekre jellemző vizeslyukak — geológiai szakkifejezéssel „nedves üregek” — körül. Ha az ETI-k — még ha hasonlóak is hozzánk — vízben gazdag helyen élnek, talán nem ismerik a „vizeslyuk” fogalmát. Az is lehet, hogy a jeleket küldő ETI-k térben és időben messze eltávolodtak már eredeti környezetüktől. Talán már régesrég elhagyták szülőhelyüket, hogy olyan úrcivilizációkat építsenek ki, amelyekben — ezt meg kell vallanunk — bizony nem sok vizeslyuk található. A „vizeslyuk” mindenesetre a spektrum figyelemre méltó része, és könnyen lehet, hogy az ETI-k ezen belül adnak jeleket.

A víz 22,2 GHz-es frekvenciája is figyelmet érdemel. Minden vízhez kötődő élőlény (és talán mindenhol, minden élőlény ilyen) át tudja érezni a vízmolekula 22,2 GHz-es frekvenciájának jelentőségét. Ez pedig — a 300 millió frekvenciát magába foglaló vizeslyukkal ellentétben — valóban csak egy jól definiált része az elektromágneses spektrumnak. Az már baj, hogy légkörünkben levő víz ezen a frekvencián sugároz, és a méréseket mindenképpen az űrben kell végezni, hogy kiküszöböljük ezt a zavaró jelet. (Nézzük meg az atmoszféra alatt, illetve az űrben érzékelhető háttérsugárzást mutató grafikonokat a 16. ábrán. Ennek ellenére dr. Alan Bridle és dr. Paul Feldman 1974 és 1976 között mégis a 22,2 GHz-es vízvonalon végzett vizsgálatokat a kanadai Algonquin Rádióobszervatóriumban, és 70, a Naphoz hasonló, a Földtől 45 fényéven belül lévő csillagot figyeltek meg.

Egyes rádiócsillagászok és fizikusok a vízfrequenciájú sugárzás Galaxisunkban található látványos forrásait tanulmányozták. Ezek hatalmas, vizet és más anyagokat tartalmazó felhőkből állnak; a felhők körülveszik az újonnan képződő csillagokat, főleg a nagyon fényes O és B típusúakat. A vízmolekulák előbb elnyelik az ezekből a csillagokból származó energiát, azután pedig a 22,2 GHz-es frekvencián kisugározzák; a fizikusok ezt *mézer* jelenségnek nevezik (a *maser* a „Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, azaz „mikrohullámú erősítés gerjesztett sugárzásokibocsátás révén” kifejezés rövidítése). A



17. ábra. Jobban méltányoljuk a SETI problémáit, ha megnézzük, hol is van a mi helyünk ebben a 100 000 milliárd csillagból álló Galaxisban, a Tejútrendszerben

mézer úgy működik, mint a lézer, de nem fény-, hanem mikrohullámú sugárzást bocsát ki, ezért szerepel az „m”kezdőbetű a lézer (laser) „l” kezdőbetűje (light — fény) helyett. Körülbelül 300 ilyen hatalmas „mézerről” tudunk Galaxisunkban, és a legaktívabb annyi energiát sugároz ki 22,2 GHz-en, mint a Nap az összes frekvencián együttvéve. A rádió-

csillagászok vízmézereket is felfedeztek, amelyek idős óriáscsillagokkal állnak kapcsolatban a csillag életének utolsó ciklusában, így a vízfrekvencia a Galaxis feltűnő jellegzetessége. Igaz, az ETI-k jelzéseinek feltehetőleg nincs közülük a nagyon fiatal és a nagyon idős óriáscsillagokhoz.

Számíthatunk-e a véletlenre?

A fentiek ellenére máig megválaszolatlan a kérdés: merre keresgéljünk az elektromágneses spektrumban? Az igazi frekvenciára annak jellemző tulajdonságai alapján kellene rátalálnunk. De Stuart Bowyer professzor és munkatársai 1977-ben a Berkeley Egyetemen bebizonyították, hogy nem szükséges belemennünk ebbe a találgató játékba; ekkor állították ugyanis működésbe találmányukat, a SERENDIP-rendszert. A Bowyer-csapat által alkotott mozaikszó a „Search for Extraterrestrial Radio Transmissions for Nearby Developed Intelligent Populations” (közeli, fejlett intelligenciájú lények Földön kívüli rádióadásainak kutatása) meghatározásból ered; az angol serendipity (a kívánatos, de nem célrátörő módon elért, véletlen felfedezés képessége) fogalom elárulja a módszer lényegét.

Bowyer és munkatársai dollárezreket költöttek már a munka kezdetén, továbbá tekintélyes tudományos munkát és know-how-t fektettek bele rendszerük fejlesztésébe. A berendezések elég kisméretűek ahhoz, hogy egyik csillagvizsgálóból a másikba lehessen szállítani; bármely rádióteleszkópra rácsatlakoztatható — ha ebbe az illető csillagászok is beleegyeznek — anélkül, hogy zavarná az éppen folyó megfigyeléseket. Más szóval rákapcsolható a szokványos rádiócsillagászati távcsövekre, figyeli a felfogott jeleket, és a lehetséges ETI-jelzések kivételével mindent kiszűr, mint érdektelent. Teljesen automatikusan, felügyelet nélkül működtethető a nap 24 órájában.

Az idegen jelek kereséséről Bowyer így vélekedik: „Olyan ez, mint amikor bekapcsoljuk a rádiót, és a sok légköri zavar között megpróbálunk megtalálni egy állomást. Olyan erős, keskeny sávú jelet keresünk, amelyeknek nem lehet semmiféle természetes forrása.” Talán a Földön kívüli civilizációk egy nagyon szűk frekvenciatartományban vagy éppen séggel egyetlenegy frekvencián képesek az adásra, hogy takarékoskodjanak az energiával.

A SERENDIP megkísérli kiküszöbölni a SETI legnagyobb problémáját: a csillagászati kutatásra erősen igénybe vett rádióteleszkópok csak korlátozott időre állnak a SETI rendelkezésére. Elkerülhető, hogy a kutatásra legígéretesebb céltárgyak és frekvenciák vonatkozásában találgatásokba kelljen bocsátkoznunk: a SERENDIP működése a véletlenszerű keresés stratégiáján alapul. „Valahol, egy bizonyos érzékenységgel hosszabb időn keresztül végezzük a megfigyelést” — mondja Bowyer.

Ma már a SERENDIP második változatát használják. Ez 65 536 csatornát tart megfigyelés alatt, és mágneslemezre rögzíti a szokatlan jeleket, frekvenciájukat, energiájukat, észlelésük időpontját és a távcső irányát. Nem veszi figyelembe azt a természetes eredetű sugárzást, amelyet a teleszkópot használó csillagászok folyamatosan vizsgálnak.

A SERENDIP-et havonta egyszer ellenőrzik; ennyi idő alatt általában körülbelül 4000 felvett jel vár magyarázatra. Legtöbbjük a Földünkön folytatott intelligens tevékenységből vagy a vevőkészülék hibájából származik, de a rendszert folyamatosan korszerűsítik, hogy csökkenjen a téves riasztások száma.

A fénynél nagyobb sebességen

Lehetséges-e a „fénynél gyorsabb” (esetleg a *tachyonokon* alapuló) kommunikáció? Talán az ETI-k egyáltalán nem is használnak rádiót. Még az is elképzelhető, hogy a tachyonok csak egyetlen — vagy legfeljebb néhány — csatornát kínálnak, így egyértelmű, hogy az ETI-közösségek keresésekor mely csatornákon kell próbálkoznunk. Ez persze csak elmélet, de nem lehetetlen.

A tachyonok, a fénysebességnél gyorsabban mozgó elméleti részecskék a fizikusok szerint pillanatnyilag a gyors csillagközi kommunikáció egyetlen módját jelenthetik. A tachyonok sebességét semmi sem korlátozza; az egyetlen megkötés, hogy nem mozoghatnak a fénysebességnél lassabban. Bár az elméleti kutatások elég meggyőzőnek bizonyultak ahhoz, hogy rábírjanak néhány fizikust egy kísérletekre alkalmas berendezés felállítására — eddig sikertelenül —, a fizikusok többsége nem hisz a tachyonok létezésében. Viszont napjainkban még nem zárhatjuk ki a tachyonok lehetőségét, a fizika jelenlegi elméleti keretei megengedik létüket. Előttünk áll az atomnál kisebb részecskék példája; előbb elméletben mutatták ki őket, pedig létezésük nagyon valószínűtlennek tetszett, gondoljunk csak a neutrínóra. Igaz, hogy az atomnál kisebb részecskéktől eltérően (a neutrínó létezésére szükség volt ahhoz, hogy megmagyarázzuk a fizikai világ alapjelenségeit) a tachyonok léte nem magyarázna semmit. Ha viszont léteznének, egészen megváltozna a csillagközi kommunikáció jelentősége, legalábbis akkor, ha tudnánk tachyon adókat és vevőket építeni. Azt hiszem, nyugodtan feltételezhetjük, hogy az ETI-k nem a mikrohullámokat vagy az elektromágneses spektrum valamely más részét használnák a csillagközi kommunikációra, ha a természet valami sokkal hatásosabb módszert is felkínál.

De még ha kevés is a Földön kívüli értelmes civilizációk száma, és a rádióon kívül nem is használnak mást a kommunikációra, akkor is létezhet néhány olyan szupercivilizáció, amely annyi energiát tudna felhasználni, hogy képes lenne üzeneteit keresztülsugározni Galaxisunkon, sőt

más galaxisokba is el tudná juttatni azokat. A mi válaszaink talán csak több ezer év elteltével érnének el hozzájuk, és — velünk legalábbis — nem jöhetne létre a kétoldalú kommunikáció. A mi fogalmaink szerint nagy társadalmi stabilitásra és rendkívüli kitartásra lenne szükség egy több ezer éven át folytatott párbeszédhez. De a társadalmak úgy is küldhetnek magukról információkat, hogy nem várnak választ; így tettünk mi is, amikor felbocsátottuk a Pioneer—10, Pioneer—11, valamint a Voyager—1 és Voyager—2 űrhajókat. Ezeknek a világűr távoli részeibe eljutó járműveknek kétségkívül gyakorlatilag nincs esélyük arra, hogy valaha is szemünk elé kerülnek. Ellenben egy üzenetét évmilliókon keresztül ismételtető automata adót esetleg észlelhetnek valahol.

Az is elképzelhető, hogy valamely szupercivilizáció egyes egyedei több ezer évig élnek, elegendő ideig ahhoz, hogy megérjék az üzenetükre küldött válasz megérkezését. A hosszú életnek semmi olyan akadályát nem ismerjük, amelyet egy fejlett civilizáció le ne küzdhetne, az elektronikus lények pedig tudomásunk szerint végtelen ideig élhetnek. A magunkfajta rövid életű lények számára viszont a tachyonok vagy ezekkel egyenértékű részecskék létezése jelentheti az egyetlen reményt a csillagközi párbeszéd megvalósítására.

Persze vitatkozhatunk arról, hogy a csillagászok a világegyetemben időben és térben szétszórtan élő különféle ETI-kben is mindig és mindenhol gyűjteni fogják-e az információkat csillagokról, más galaxisokról és egyéb csillagászati jelenségekről. Amit ma tudunk a világegyetemről, azt csaknem kizárólag az elektromágneses spektrum egyik vagy másik részének vizsgálata árulta el nekünk, mert az univerzumban minden anyag (ami nincs abszolút nulla fokon) kibocsát valamiféle elektromágneses sugárzást, a gammasugaraktól a rádióhullámokig. Ezért nem valószínű, hogy csak átmeneti jellegű lenne az a technika, amely az elektromágneses sugárzás vétele útján gyűjti az információkat a világegyetemről.

Még ha létezne is olyan információhordozó, amely gyorsabb csillagközi kommunikációt tesz lehetővé, egyes ETI-k bizonyára akkor is küldenének „hívójeleket” az elektromágneses spektrum egyik vagy másik tartományában, abban a reményben, hogy csillagászok valahol fogják majd jelzéseiket. Így csillagászati jelentőségű frekvenciákat is választhatnak erre a célra, olyanokat, amelyekről tudják, hogy a csillagászok megfigyelése alatt állnak. De talán csak „hívójeleket” küldenek ilyen módon. A csillagközi kommunikáció túlnyomó részét a tachyon technikának vagy valamilyen megfelelőjének alkalmazásával bonyolíthatják, bár elképzelhető, hogy tachyon technika nem létezik.

Most, amikor a kommunikációs technika új szintjéről beszélünk, fontos lehet megjegyezni, hogy bár 1945 óta egyre nagyobb erővel folyt a fizika alapjelenségeinek kutatása, a háború előtti időszakhoz képest elég kevés gyakorlati hasznot hozó felfedezés született. Persze időbe telik, amíg az új ismeretek a gyakorlatban is alkalmazásra kerülnek, de

még ha ezt figyelembe vesszük is, egyre inkább úgy látszik, hogy a fizikán alapuló nagy műszaki felfedezések kora lejárt, mint amilyen egy gyökere-sen új kommunikációs rendszer is lenne. A közelmúltban a fizikának, a legfejlettebb tudománynak a története mintha azt jelezné, hogy a tudomány felső határa viszonylag alacsonyan van a világegyetemben, és e téren az alkalmazható ismeretek nagy részének máris a birtokában vagyunk.

Jobb vevőrendszerek

Ismereteink szerint a jelenlegi SETI-programokban használt rádiótehnika igen messze van még a tökéletestől, még abban az esetben is, ha az elektromágneses sugárzás a csillagközi kommunikáció egyetlen lehetséges hordozója. A technika olyan gyorsan fejlődik, hogy az elkövetkező évtizedek kétségkívül további előrelépést hoznak majd. A csillagászok különféle teleszkópokat helyeznek el az űrben, és végül talán a SETI céljait szolgáló különleges teleszkópokat is ott fogják elhelyezni; ezért fel kell tennünk a kérdést, mikor érhetjük el a technikának ezen a területén a „műszaki tökély határát”. A kérdés szükséges, mert bizonyosak lehetünk afelől, hogy az ETI-k olyan vevőrendszerek számára adják le jeleiket, amelyek az elektromágneses kommunikáció terén megközelítik a technikai tökéletesség szintjét. Ezen a szinten pedig valószínűleg természetesnek számítanak az űrben — nem pedig egy légkör alatt — telepített vevőberendezések.

A Cyclops teleszkóp megépítését néhány éve a megfelelő anyagi támogatás hiányában elnapolták; a tervekben 1026, számítógép-vezérléssel összehangoltan irányított, egyenként 100 méter átmérőjű tükrök rendszeréről van szó. A Cyclops más rádióteleszkópokhoz hasonlóan kötve lett a Föld forgásához, de valamely ETI-ből eredő adás folyamatos vételére a Föld mindkét oldalán szükség lett volna egy-egy vevőberendezésre. A Cyclops egy 500 fényév távolságban lévő, minden irányban sugárzó (körsugárzó), 1000 megawatt teljesítményű jelzőbója jelének érzékelésére is alkalmas lenne.

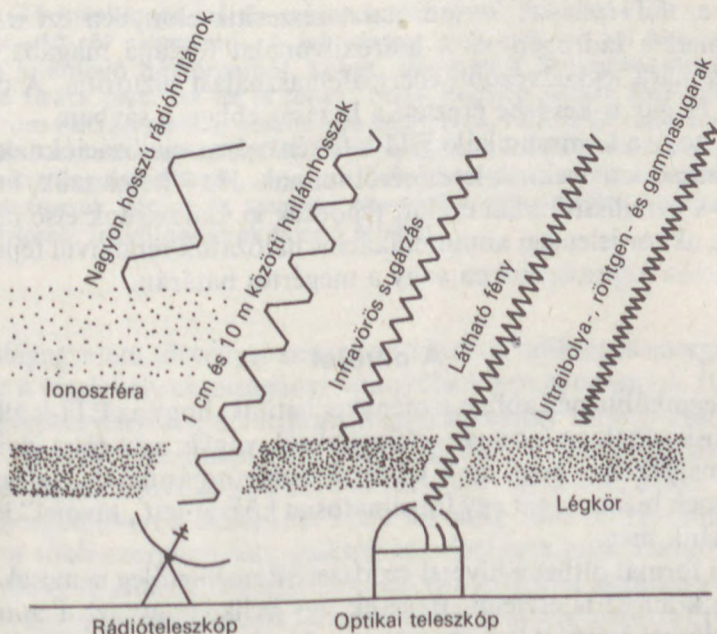
Talán jó is, hogy gazdasági okok miatt néhány évtizeddel elhalasztották a Cyclops megépítését. Így egy napon valahol az űrben épülhet majd meg egy ilyen vevőberendezés, ahol állandóan védve lenne a földi rádió-, illetve mikrohullámú zavaroktól. A Föld túlsó oldalára is telepíthetnék, mivel ott sem érvényesül a földi rádióinterferencia. Egy ilyen nagyszabású vállalkozással valószínűleg meg kell várnunk az első űrgyarmatok megalapítását, habár rövidesen telepítünk az űrbe olyan — igaz, jóval szerényebb — vevőket, ahol a földiekénél sokkal nagyobb esély lesz a Földön kívüli civilizációk jeleinek észlelésére.

Jeladás lézerrel

Röviddel a lézer kifejlesztése után felvetődött, hogy a tiszta fény lézerek által előállított ultrakeskeny sugárnyalábjai alkalmasak lehetnek a csillagközi kommunikáció nagy távolságainak áthidalására. Földön kívüli lézerjeleket először 1974-ben, a Copernicus műhohddal kerestek; ekkor három közeli csillagot pásztáztak végig ultraibolya lézervonalak kimutatása céljából. Szintén 1974-ben dr. Shvartsman és munkatársai a Szovjetunióban, Zelencsuzkájában üzembe állították a világ legnagyobb, 6 méteres optikai távcsövét, amellyel nagyon rövid lézerpulzusok után kutattak.

Egyes tudósok erősen támadják azt az elképzelést, miszerint az ETI-k erős lézerjelek útján próbáltak kapcsolatot teremteni az emberiséggel; azzal érvelnek, hogy a lézersugárnyalábok az irányított rádióhullámokkal ellentétben láthatóak. Ezért őseinktől (akik nálunk sokkal nagyobb jelentőséget tulajdonítottak az éjszakai égbolt történéseinek), azt várnánk, hogy észrevettek égi fénysugarakat. Ilyen megfigyelésekről azonban nem ismerünk feljegyzéseket.

De bármely részét használják is az elektromágneses spektrumnak — ha használják egyáltalán — a csillagközi kommunikáció céljára, koránt-



18. ábra. A légkör az elektromágneses sugárzás legtöbb hullámhosszát távol tartja a Föld felszínétől; ismereteink nagy részét továbbra is elsősorban a látható fény és az atmoszférán áthatoló rádióhullámok útján szerez- zük

sem szükségszerű, hogy a jelek áthatolnak a bolygók atmoszféráján. Ha mi alig 200 évvel az ipari forradalom kezdete után képesek vagyunk arra, hogy kilépjünk az űrbe, akkor tulajdonképpen minden Földön kívüli technikai civilizációnak képesnek kell lennie erre. Újabb néhány száz év elteltével talán alaposan feltárjuk a Naprendszer, és exponenciálisan nő majd az űrkolóniák száma. Addigra sok korszerű csillagászati berendezést telepíthetnek az űrbe, amelyek képesek lesznek az ETI-adások vételére. Ha minden technikai civilizációt teremtő faj nagy valószínűséggel ezt a fejlődési utat járja be, akkor az adást közvetítő civilizációk esetleg nem veszik figyelembe a bolygóatmoszférának az elektromágneses spektrum egyes részeire gyakorolt takaró hatását.

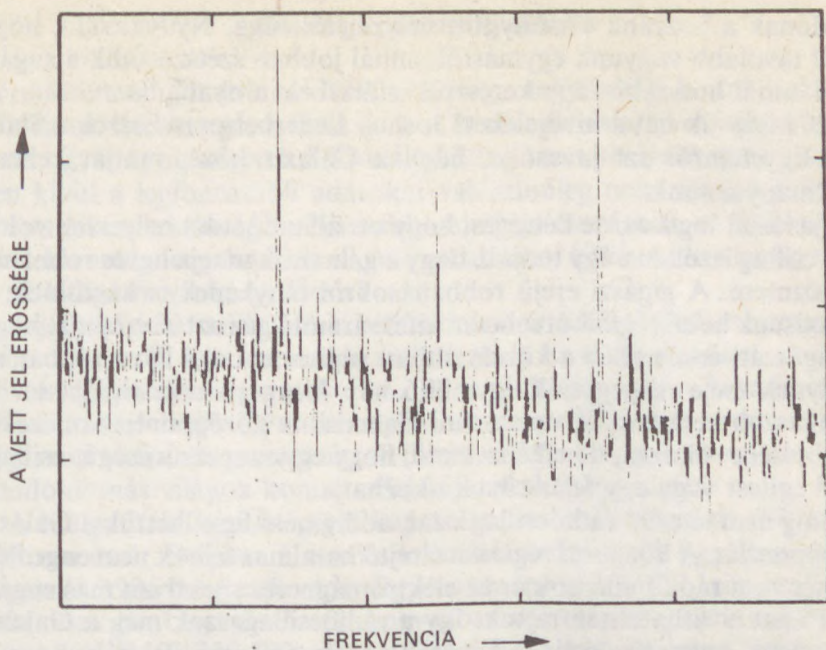
Emlékszem, hogy 30 évvel ezelőtt egy neves fizikus előadást tartott a légkör által okozott problémákról, és azt állította, hogy a fejlett ETI-k tekintettel lennének arra, hogy a vevőberendezések a bolygók felszínéhez vannak kötve. Ez is mutatja, hogy saját műszaki haladásunk következtében milyen gyorsan változnak elképzeléseink is (noha itt-ott még ma is tartja magát az a vélemény, hogy a bolygók atmoszféráján való áthatolás szükségessége befolyásolná az ETI-eket a közvetítő frekvencia megválasztásában). Az ETI-k jelei át tudnak jutni Földünk légkörén, de azt már nem várhatjuk el tőlük, hogy eszerint is válasszák meg frekvenciájukat. Bár az 1 és 10 GHz közötti mikrohullámok valóban áthatolnak légkörünkön, az ETI adások keresői azért részesítik előnyben ezt a tartományt, mert a hidrogén- és a hidroxilvonalat foglalja magába, és az ETI-k számára legkedvezőbb energiafelhasználást biztosítja. A csillagközi por és gáz is kevésbé érezteti a hatását ebben a sávban.

Lehet, hogy a kommunikáló ETI-k főként olyan civilizációknak szánják adásaikat, amelyeknek létezéséről tudnak. Ha feltételezzük, hogy az első ETI-k évmilliárdokkal ezelőtt fejlődtek ki Galaxisunk első lakható bolygóin, akkor jelenlegi kommunikációs hálózatuk rendkívül fejlett, túl a mi észlelési képességeinken vagy a megértés határán.

A hívójel

Talán a leginkább még abban reménykedhetünk, hogy az ETI-k állandóan gondoskodnak az újonnan érkezettekről, vagyis azokról a civilizációkról, amelyek épp hogy csak kibújtak bolygótojásukból. Ha így van, akkor ennek bizonyosságát egy folyamatosan közvetített „hívójel” létében találhatnánk meg.

Milyen formát ölthet a hívójel-rendszer? Remélhetőleg nemcsak lehetséges, de könnyű is észlelni. Egyesek úgy vélik, hogy azt a minimális információmennyiséget tartalmazza, amelynek alapján a vevő bekapcsolódhat egy magasabb szintű adásba. Ha a hívójelet nagyon fejlett ETI-k küldik, akkor talán elér Galaxisunk legtöbb csillagára, ami azt jelentené, hogy az adó a világűrben van, és nem egyes célcsoportok felé irányították.



19. ábra. Ez az oscillogram azt mutatja, hogyan nézne ki egy másik világból érkező intelligens jel. Ez ugyan a Neptunusz pályáján túl tartózkodó Pioneer—10-ről származik. A jel három komponense jól kiemelkedik a mindig jelenlévő háttérzajból. Lehet, hogy az X bolygóról érkező jel is ennyire tiszta lesz, de az is lehet, hogy nagyon nehéz lesz kiszűrni az univerzum háttérzajából, valamint a televíziós, rádiós és radarrendszerek és egyéb források sugárzásából. Ebben segítségünkre lesznek az automatikus spektrumanalizátorok, amelyek másodpercenként több millió csatornát pásztáznak végig, és további tanulmányozás céljára kiválasztják az űrből érkező, intelligensnek látszó jeleket.

A világegyetem törvényei szerint az adáshoz szükséges energia mennyisége a vételi hely távolságának arányában igen gyorsan nő. Itt a fizika egyik alaptörvényével, a fordított négyzetes arány törvényével találkozunk. Az adó teljesítményét a távolság négyzetének arányában kell növelni. Így ha a távolság 50-ről 100 fényévre növekszik, akkor négyszer több energiára van szükségünk. Ha a távolság 1000 fényévre nő, akkor 400-szor több energiára lesz szükség az adott jel eljuttatásához, mintha 50 fényévnnyire akarnánk sugározni. Ezért a hívójelet sugárzó adóberendezés (vagy adóberendezések) valószínűleg keskeny sugárral pásztázza végig a Galaxist, ugyanis minél keskenyebb a sugárnyaláb, annál kevesebb energiára van szükség a tér egy adott részének pásztázásához. Egy ilyen jelet szabályos sugárzási impulzusok formájában detektálhatnánk. Az, hogy mennyi ideig tudnánk fogni a Galaxist körbepásztázó hívójelet,

az adónak a hozzánk viszonyított helyzetétől függ. Nyilvánvaló, hogy minél távolabb vagyunk egymástól, annál jobban szétszóródik a sugár, és mi annál hosszabb időn keresztül esünk bele a nyaládba.

Hol keressük hát a hívójeleket? Joshua Lederberg professzor a Stanford Egyetemről azt javasolja, hogy a Galaxis középpontját kellene tanulmányoznunk.

A javaslat logikus, de kétséges, hogy ott állandó adót helyeztek volna el. A csillagászok ma úgy tudják, hogy a galaxisok magja heves robbanások színtere. A gigászi erejű robbanásokról fényképek is készülnek; a Galaxisunk belső régióiból sebesen kifelé áramló gáz azt bizonyítja, hogy csillagászati értelemben a közelmúltban végbement egy ilyen robbanás, amelynek ereje megegyezik egymillió nap kisugárzott energiájával. A csillagászok nem tudják, mi az, ami Galaxisunk középpontjában ezeket a kitöréseket okozza, de elképzelhető, hogy egy szupersűrűségű, csillagszerű égitest vagy egy fekete lyuk okozhatja.

Amíg nem létezett rádiócsillagászat, addig nem figyelhettük a Galaxis középpontját. A központi régiókat elrejtő hatalmas felhők nem engedték át a fényt, a rádióhullámok és az elektromágneses spektrum más sugárzásai viszont áthatolnak rajtuk. Így a rádiócsillagászok még a Galaxis közepének egyes részleteit is képesek tanulmányozni. Tudják, hogy a centrum viszonylag kicsi, mert kimutatható, hogy gázfelhők mozognak körülötte. Az USA Nemzeti Rádiócsillagászati Observatóriuma munkatársainak az 1970-es évek közepén végzett megfigyelései kimutatták, hogy a Galaxis magja nem nagyobb, mint a Naprendszer, és térfogatához képest ez a legerősebb ismert rádióenergia-forrás. A csillagászok a középpontból eredő röntgensugár-kitöréseket is érzékelték, de semmi olyasmit nem, ami értelmes lények jelzése lehetne.

Ennek ellenére ma is kutatják a Galaxis közepét intelligens jelek reményében. Mivel a tényleges középpont viharosan aktív — és feltehetően ott nem telepíthető állandó adóberendezés —, dr. Steve Lord és munkatársai a Massachusetts Egyetemről úgy döntöttek, hogy a Galaxis északi tengelyét pásztázzák végig. Vevőjüket a 115 GHz-es szénmonoxid-vonalra hangolták; ez a molekula igen nagy mennyiségben található a világűrben, és Frank Drake szerint (a zavaroktól mentes mikrohullámú sávtól eltekintve) ez a világűrben telepített berendezésekkel folytatott csillagközi kommunikáció legjobb hatásfokú frekvenciája.

Dr. Jill Tarter és munkatársai a hollandiai Westerbork Radio Synthesis teleszkópot használták, és ők más oldalról közelítik meg a kérdést. Szerintük olyan, a galaktikus centumból eredő, pulzáló jelet kell keresni, amely az intenzív háttérsugárzás mellett minden frekvencián megjelenik. Egy forgó világítótornyszerű adót képzelnek el, amely egy igen vékony mikrohullámú impulzusnyalábbal pásztázza a Galaxist.

Csillagközi hallgatóság

Természetesen gondolnunk kell arra, hogy nagyon régi kommunikációs hálózatok létezhetnek a Galaxisban. A nálunk valamivel fejlettebb, de azért ugyanúgy elszigetelt ETI-k által közvetített hívójeleken és üzeneteken kívül a legfontosabb adásokat valószínűleg nem nekünk szánják, hiszen mi csak nemrég — kevesebb, mint egy évszázada — szálltunk be az elektromágneses kommunikáció alkalmazói közé. Akkor pedig miért is ne hallgatóznánk egy kicsit?

Saját rádió- és televízióközvetítéseink már 50 fényévet megtettek az űrben. Az erős katonai radarrendszerek is kiveszik részüket az egyre növekvő mértékű sugárzásból. Az ilyen távközlési adás- és radarhulladék nem észlelhető olyan könnyen, mint egy kifejezetten erre a célra sugárzott adás, de arra azért felhívja a figyelmünket, hogy érdemes gondolni más világok kommunikációjának lehallgatására.

A hallgatóság lehetőségével kapcsolatban elsősorban dr. Woodruff Sullivan és dr. Stephen Knowles kutatásai érdemelnek figyelmet. Munkájukról 1984-ben, a Boston Egyetemen tartott SETI-szimpoziumon számoltak be. Úgy döntöttek, hogy először is megvizsgálják, mit észlelhetne egy érdeklődő ETI, ha vevőjét a Föld felé irányítva hallgatózni kezdene; megfigyelték, hogyan verődnek vissza saját televíziós adásaink a Holdról. E célra Földünk legnagyobb teleszkópját, az 1000 méter átmérőjű Arecibo-tükröt használták. Így megtudhatták, milyen a Föld rádióképe a távoli világűrben nézve. Az első meglepetés akkor érte őket, amikor kiderült, hogy a Holdról visszaverődő legerősebb jel az Egyesült Államok Haditengerészetének űrfelderítő radarberendezésétől származik, amelynek létezéséről Sullivanék korábban nem is tudtak. „A Hold, a Földhöz hasonlóan, a rádióhullámok szempontjából nagyon fényes — jelentette ki Sullivan és Knowles. — Saját civilizációnk tükre.”

A megfigyelések eredményei alapján Sullivan és Knowles kiszámította, hogy legerősebb televíziós adásaink egy, az Arecibo-tükrőhöz hasonló tükrővel 30 fényévig terjedő távolságban is foghatók lennének. A NASA Cyclops rendszerével (amelynek megépítését elhalasztották) egy ETI akár 500 fényév távolságból is lehallgathatja a Földet; a mi televíziós adásaink persze csak 450 év késéssel érnek el ilyen messzire.

Lehet, hogy a mi tévé- és radarjeleink nyomán érkezik majd el hozzánk az első irányunkba sugárzott ETI-jel. Körülbelül 100 csillag van olyan közelségben, hogy onnan már foghatták az adásainkat. Ahogy távközlési sugárzásaink és radarjeleink köre egyre messzebbre hatol a világűrbe, egyre nagyobb annak a valószínűsége, hogy válaszként erős, eltéveszthetetlen ETI-jelzést kapunk.

Azt mondják, hogy az űrbe kiszivárgó televíziós műsorszórás csak átmeneti jelenség, mert néhány évtizeden belül a mostaninál hatékonyabb adóberendezéseink lesznek, amelyekkel kiküszöbölhető ez a nagy

veszteség. Talán száloptikai kábelek továbbítanak majd minden közvetítést. Ha valaha is állandósul Földünkön a béke, akkor feleslegessé válnak a nagy erejű védelmi radarberendezések. Mindenesetre Sullivan és Knowles úgy vélik, hogy a televíziót és a radart követi majd a sugárzást ugyanúgy az űrbe kiszivárogtató többi technikai találmány. Például egyszer talán a napenergia-műholdak közvetlenül a Naptól továbbítják energiaszükségletünk nagy részét, úgy, hogy nagy energiájú mikrohullámú sugárnyalábban közvetítenék a Földre a napenergiát, és eközben bizonyos sugármennyiség kiszóródna az űrbe. Knowles azt mondja, hogy ez százszor messzebb lenne érzékelhető, mint a mai televíziós sugárzás és radarjelek.

A Naprendszeren belüli navigációt segítő nagy erejű jelzőbóják is forrását képezhetik majd a jövőben az űrbe szivárgó sugárzásnak. Várakozásunk szerint ugyanis a Naprendszer meglehetősen forgalmas hely lesz majd, és a sűrű forgalom már megkívánja az efféle navigációs segédeszközöket.

Az idegen technika jelei

Lehetséges, hogy a magfúziós technikát is észlelni lehet a világűrben. Ezt próbálták meg 1983-ban egy eredeti kísérlet keretében a kaliforniai Hat Creek Rádióobszervatórium munkatársai, dr. Francisco Valdes és dr. Robert Freitas. A radioaktív tríciumnak (^3H , a hidrogén izotópjának), a magfúzió egyik melléktermékének hiperfinom spektrumvonalát keresték. A tríciumatomok az 1516 GHz-es mikrohullámú frekvencián sugározzák ezt a vonalat; ez a frekvencia könnyen megfigyelhető, minthogy a mikrohullámú sáv része. Ha a fejlett ETI-k nagyban alkalmazzák a magfúziót — talán épp az űrben termelik az energiát —, akkor csillagjuk (napjuk) közelében kimutatható mennyiségű fúziós mellékterméknek kell lennie. Igen nagy jelentősége lenne annak, ha ezen a vonalon erős jelre bukkannánk, mert az űrben nem ismerünk természetes tríciumforrást, s a trícium felezési ideje mindössze 12,6 év. Az esetleges tríciumtermelésnek tehát folyamatosnak kell lennie, ha ilyen van.

Az ilyen kutatásban azt feltételezzük, hogy az ETI-civilizációkat fejlett technikájuk árulja el. A közvetített jelek keresésekor viszont abban bízunk, hogy az ETI-k társadalma elég fejlett és stabil ahhoz, hogy folyamatosan — talán több ezer éven keresztül is — küldje üzeneteit a Galaxison keresztül.

Az indítékok itt és ott

Az ETI-k társadalmi és technikai felsőbbrendűségét kimondó alapfeltételezések annak tudatosítására vezetnek minket, hogy ebben a folyamatban — ők jelzéseket küldenek az új civilizációknak, mi pedig keressük a

jeleket — az ő indítékaik talán egészen mások, mint a mieink. Ők már tudják azt, amit mi még nem. Mi ki akarunk lépni a tudatlanságból és az elszigeteltségből. Az ő számukra talán rutinfeladat az új civilizációkkal való kapcsolatfelvétel. Nálunk erről szó sincs. Mi tudni szeretnénk, létezik-e a Földön kívül is élet és intelligencia, és jelenleg az értelmes jelek kutatása számunkra a kérdés megválaszolásának egyetlen módja. Később bizonyára részletesen megismerjük majd a Holdat és a Naprendszer többi részét, ahol az elmúlt négy milliárd év során az ETI-k esetleg otthagyták névkártyáikat.

De az elkövetkező évtizedekben legfontosabb kérdéseinkre csak az a bizonyos jel adhatja meg a választ, amit vagy megtalálunk, vagy nem. Lehet, hogy a Földön kialakult élet a véletlen szeszélye a világegyetemben. Talán nem is annyira a természetes folyamatok elkerülhetetlen eredménye, nem is annyira lényeges esemény az univerzumnak az ősrobbanással kezdődött és ki tudja, mivel végződő történetében, ahogyan mi gondoljuk, hanem inkább az anyag rendellenes viselkedése. A legegyszerűbb atomtól az emberi lények bonyolult szerveződésű agyáig vezető út talán csak jelentéktelen fejezete a világegyetem történetének. A SETI-programok munkatársait legfőképpen az motiválja, hogy megpróbáljuk megtalálni helyünket és szerepünket az univerzumban.

Néhány kritikus azzal érvel, hogy alkalmatlanok vagyunk a talán több ezer évig is eltartó információcserére. Ez valóban így tűnhet az olyan lények esetében, akiknek átlagéletkora 100 év alatt van. Mindenesetre, akár egyetlen értelmes jel felfedezése az összes SETI-vállalkozás jogosultságát igazolhatná. Akkor „egyetlen csapásra” — ahogy Shakespeare mondja — választ kapnánk a két makacs kérdésre, ti. hogy van-e élet a Földön kívül, illetve hogy máshol is vannak-e értelmes lények a világegyetemben.

Később az áramló információ új, kalandos jövő felé vezérelné civilizációnkat, de akkor már semmi sem vetekedhetne annak a pillanatnak a fontosságával, amelyben először észleljük a jelet. Ez lenne történelmünk legjelentősebb felfedezése. A forrás távolsága nem sokat számítana, legfeljebb a Galaxisban található, jeleket sugárzó ETI-k előfordulási gyakoriságára vonhatnánk le következtetéseket.

Arra nem számíthatnánk, hogy a közeljövőben megkezdjük a párbeszédet; lehet, hogy erre sohasem kerülhet sor. Talán csak néhány régi, stabil civilizáció tagja a Galaktikus Hálózatnak. Az ilyenek inkább készek és képesek arra, hogy állandó jelleggel működő adóberendezéseket telepítsenek az űrbe, és minél kevesebb technikai civilizáció fejlődött ki, annál több érdekük fűződik ahhoz, hogy jelt adjanak magukról. Ezért tényleg érvénytelen az az érvelés, miszerint abban az esetben, ha az ETI-civilizációk gyakorisága bizonyos érték alatt van, akkor nem is sugároznak jeleket. Attól, hogy kevesen vannak, még nem szűnik meg

motiváltságuk arra, hogy jeleket sugározzanak, feltételezve, hogy a létező ETI-k magas fejlettségi szintre is eljuthattak.

Tulajdonképpen felfedeztünk már olyan típusú jeleket, amelyek akár egy ETI adóberendezéséből is származhattak volna. 1967 vége felé egy este a londoni Royal Institutionben Melvin Calvin, Nobel-díjas tudós igencsak megdöbbenetete hallgatóságát, amikor az élet eredetéről szóló előadása keretében közölte, hogy nemrégiben egy hihetetlen pontossággal pulzáló rádiójelforrást találtak a cambridge-i rádiócsillagászok. Calvin szerint épp ilyen jeleket várnánk más bolygórendszerek értelmes lényeitől. Többet nem mondott. Napokkal később viszont megtudhatuk, hogy új csillagászati jelenséget fedeztek fel, a pulzárokat.

A cambridge-i csillagászok először kételkedve gondoltak arra, hogy valóban értelmes jelet találtak-e. Három hétnak kellett eltelnie ahhoz, hogy bizonyosságot szerezzenek arról, hogy nem az volt. Nem sokkal később a Galaxis egymástól távol eső pontjain hasonló objektumokra bukkantak Cambridge és Jodrell Bank rádiócsillagásza, valamint külföldi kollégáik. A *Nature* minden számában egy-egy új pulzárról számoltak be — legalábbis akkoriban ez úgy tűnt. Körülvették minket a pulzárrok, és egy újra és újra megisméltendő jelenségre biztosan van természetes magyarázat. A csillagászok csakugyan felfedezték a sebesen forgó neutroncsillagoktól származó sugárzást.

Ha nem bukkannak rá a villogó ETI-jelzőbójára, akkor sok ezer viszonylag közeli csillagot kell egyenként megvizsgálni. Így viszont jóval kisebb az esély a sikerre. A NASA 1977-es SETI-jelentését összeállító csillagászok szerint a katalógusokba ezer közül mindössze egyetlen (F, G vagy K típusú) majdani célsillagot vettek fel 1000 fényév távolságon belül. Ezt a kritikát azért mondták, mert a Földtől mért ekkora sugarú körben levő ilyen célsillagokat végül úgyis meg kellene vizsgálni. Így azt javasolták, hogy készüljön egy olyan teljes katalógus, amelyben minden 1000 fényéven belül található F, G és K típusú csillag szerepel.

A NASA 1977-es SETI-jelentését (lásd a 3. fejezetet) követő kutatómunka azonban arra készítette a tudósokat, hogy újra gondolják át a célsillagok problémáját. Jelenleg úgy tűnik, hogy bár a hosszú életciklus szükséges feltétele az ETI-k kifejlődésének, a legöregebb csillagok (a K és az M típusúak) nem tudnak folyamatosan lakható zónát biztosítani az életnek otthont adó bolygók számára. Michael Hart egy számítógépes szimulációra alapozva megállapítja, hogy a célsillagokat az F7 és a K0 közötti tartományban kell keresnünk, vagyis a Nap tömegének 80—120%-át kitevő tömegű csillagok között. Főleg tehát a Naphoz hasonló G típusú csillagok jöhetnek számításba. Hartnak a fejlett élet kialakulására alkalmas lakható bolygókkal kapcsolatos következtetései a korábbi és a más kutatók által osztott nézetekhez képest borúlátónak számítanak. Egy ilyen területen azonban, ahol ennyire elővigyázatosan kell

tapogatóznunk, talán jobban járunk, ha inkább a pesszimiztikus véleményeket fogadjuk el mérvadónak.

Most vizsgáljuk meg azokat az állításokat, amelyek szerint a Földön kívüli intelligencia már korábban megérkezett a Földre; az ősidők asztroautáira és napjaink ufonautáira (a repülő csészealjok állítólagos utasaira) gondolnak. A megbízható tudományos adatokra támaszkodva kell értékelnünk ezeket az állításokat, mert ha csak egyetlenegy is igaz a számos Földön kívüli látogatásról szóló beszámoló közül, akkor le kell vonnunk a tényleges és meglehetősen kellemetlen következtetéseket; azt, hogy Galaxisunk olyan, fejlett technikai civilizációban élő lények gyarmata, akik csak egy lépésre vannak tőlünk.

Az ősidők asztronautái... meg effélék

Az utóbbi években széles nyilvánosságot kapott sok Földön kívüli látogatókról szóló beszámoló. Szerzőik komolyan veszik magukat; valóban elhiszik, amit leírnak. De szerintem azért egy fontos dologról megfeledkeznek, pedig ez rendkívüli mértékben csökkenti az ilyen látogatások valószínűségét: Galaxisunk korára gondolok. Azok, akik a történelmi feljegyzésekben keresik az ETI-k létezésének bizonyítékát, legfeljebb néhány ezer év adataival rendelkeznek, holott az idegen űrhajósok látogatásainak számbavételéhez az elmúlt néhány milliárd évet kellene figyelembe venni. Épp a Galaxis születése óta eltelt hosszú idő engedhette meg az ETI-k űrtechnikájának kifejlődését. Erich von Dänikennek, a tárgy legismertebb írójának ősi asztronautái statisztikailag a legcsekélyebb mértékben sem eléggé ősiek.

Mivel a Galaxis tízmilliárd évnél is öregebb, a Naprendszer néhány milliárd évvel korábbi kialakulását megelőzően létrejött bolygórendszerek civilizációi már évmilliárdokkal előbb elérhették a mi civilizációnk szintjét. Ez rögtön lehetségessé vált, mielőst elkezdtek kialakulni a Naphoz hasonló csillagok. Így az első, technikai civilizációt létrehozó lényeknek oly hosszú idő állt rendelkezésükre technikájuk fejlesztéséhez, hogy aligha tudjuk elképzelni, milyen magas szintre juthattak. De nem nehéz elképzelni, mi mindent elértek már korai időszakukban, amikor mondjuk 1000 évvel tartottak nálunk előbbre: űrgyarmataik voltak, amelyek valószínűleg hasonlítottak a Gerard K. O'Neill professzor által tervezett kolóniákhoz, bejárták a csillagközi teret, és talán már akkor is utazgattak a bolygórendszerek között, amikor a Föld még nem is létezett. Az ismeretlen megismerésének a vágyán kívül még valami más is lehetett a csillagközi utazások mögött. Ma úgy tűnik, hogy a technikai civilizációk fejlődésének olyan sajátos tényei vannak, amelyek a túlélés szempontjából létfontosságúvá teszik az űrgyarmatosítást.

A Galaxis kora alapvetően fontos tényező az ETI-k látogatásainak valószínűsítésekor. A csillagközi utazásig eljutott első civilizációnak elegendő idejük lehetett arra, hogy szétszóródjanak a Galaxisban; nem olyan mértékben, hogy minden bolygót elfoglaljanak (tudjuk, hogy nem így történt), de a legtöbb bolygórendszerben lehettek a bolygók körül

keringő őrállomásaik vagy kolóniáik. Még azoknak a technikai civilizációknak is juthatott elég idejük rá, amelyek viszonylag későn — mondjuk, csak néhány millió évvel ezelőtt — érkeztek el a csillagközi utazás szintjére. Igaz, nincs bizonyítékunk arra, hogy ilyesmi történt, de nem is zárhatjuk ki a lehetőséget.

O'Neill is kimutatta, hogy egy bolygó felszíne nem a legalkalmasabb hely a mi szintünket sokkal meghaladó technikai fejlődés számára. Ezért valószínűnek látszik, hogy a technikai civilizációk a népesedési problémák, az energia és a nyersanyagok hiánya miatt hamar rákényszerülnek bolygórendszerük gyarmatosítására. Az általuk kifejlesztett magas szintű űrtechnika lehetővé teszi a továbblépést, és később más csillagok bolygórendszereibe is eljuthatnak, hogy ott megépítsék új otthonaikat, és szükségleteik szerint kiaknázhassanak más, kisebb égitesteket.

Már látjuk, hogy saját fejlődésünk — amely talán nem sokkal különbözik más, technikai civilizációkétól — hamarosan arra készítet minket, hogy növekvő energiaigényünk kielégítésére űrkolóniákat építsünk, s így közvetlenül a Naptól kaphassuk majd az energiát. Talán már az első űrgyarmaton megépülnek azok az űrbe telepített napenergia-műbolygók, amelyeknek feladata csillagunk energiájának megcsapolása; ez az első kolónia pedig az első logikai lépés afelé, hogy nagyobb utazásokat tegyünk a Naprendszer bolygóira, aztán pedig a szomszédos csillagokra. A Naprendszerben tehát a Föld történetének 4,5 milliárd éve alatt bármikor járhattak ETI-látogatók. Erről nem szabad megfeledkeznünk akkor sem, amikor a történelmi idők esetleges látogatásainak valószínűségét latolgatjuk.

Azt ugyan nem tudjuk elképzelni, hogy magas intelligenciával rendelkező lények elhagyják fejlett civilizációikat, hogy egy idegen bolygórendszer gyarmatosítása céljából évtizedeken át utazzanak a csillagközi tér hideg ürességében; azt már inkább, hogy automatizált űrjárműveikkel végeztetik ugyanezt a feladatot. Egy mesterséges intelligencia (robotok) által irányított kis űrjárművet könnyűszerrel elküldhetnek egy közeli csillagra, hogy ott megépítse a gazdái számára megfelelő lakókörnyezetet, vagyis hogy létrehozzon egy űrgyarmatot. Aztán a robotok szintetikus úton előállíthatják az űrhajót odaküldő faj génjeit, hogy létrehozzák a gyarmatlakók első, illetve új generációját. A biológiai alap kutatás és a számítástechnika fejlődésének iramából ítélve, egy-két évszázad elteltével magunk is képesek lehetünk ilyen műveletek elvégzésére, bár el tudom képzelni, hogy az anyaszerepre kijelölt robotok nem kevés biológiai és lelki bonyodalmat okoznak majd az emberiségnek!

A Galaxis kora igen nagy mértékben befolyásolja az ember és a Földön kívüli élet viszonyáról alkotott véleményünket; nézzük tehát meg, hogyan számították ki ezt a kort! Nagyon fontos ez. Ha a Galaxis jóval fiatalabb lenne, mondjuk nem sokkal öregebb a Napnál, akkor joggal dédelgethetnénk azt a gondolatot, hogy technikai civilizációnk

valószínűleg az elsők között van, és nem éreznénk paradoxnak az ETI-k látogatására utaló jelek hiányát. De nem valószínű, hogy a Napnál kétszer idősebb Galaxisban az elsők között lennének.

Sokan emlegetik az évekkel ezelőtt, Fermi kérdése nyomán felvetődött paradoxont, amely valójában csak látszólagos ellentmondást rejt magában. Szerintem azok, akik kiemelik paradox jellegét, megfélekednek a régi mondásról: „A bizonyíték hiánya nem ugyanaz, mint a hiány bizonyítéka.” Éppenséggel azt is feltételezhetjük, hogy az ETI-knek a Naprendszeren belül is vannak hatalmas űrgyarmataik, és az UFO-jelenség is ezzel magyarázható. Senki sem jelentheti ki teljes bizonyossággal, hogy ez nem igaz, mert ezeket a kolóniákat olyan pályákra is helyezhették, ahol mi nem észlelhetjük őket. Példának okáért a Jupiter két „új” holdját is csak 1979-ben fedeztük fel. Az első, amelyet a Voyager—1 fényképezett le, 70-80, a másik, amelyet a Voyager—2 fényképezett le, 30-40 kilométer átmérőjű. Azóta a Voyager — 2 tíz korábban ismeretlen, az Uránusz körül keringő holdat is felfedezett. Legtöbbjük átmérője 70 km, de egy 170 km-es is akad közöttük.

A Galaxis története

Időzzünk el itt egy pillanatra, és foglalkozzunk egy kicsit a Galaxis korával és történetével. Tudnunk kell, mennyi ideje formálódnak a Naphoz hasonló, sok és sokféle elemet — főleg nehézelemeket — tartalmazó csillagok. A nehézelemek (elsősorban fémek) jelenléte a mi civilizációnk számára alapvető fontosságú, és ez bizonyára más világokról is elmondható. A nehézelemek a korán kialakult bolygórendszerekbe nyilván azért épülhettek be, mert a Galaxis történetének korai szakaszában valószínűleg igen nagy tömegű, rövid életű csillagok szintetizálták azokat.

Minden olyan elem, amely nehezebb a két legkönnyebbnél, a hidrogénnél és a héliumnál, a csillagok belsejében szintetizálódik. A héliumról úgy gondolják, hogy az ősrobbanás („Big Bang”) óta jelen van, de a csillagokban is folyamatosan termelődik. Valamennyi stabil csillag energiájának legnagyobb forrását a hidrogén héliummá „égetése” adja (ez a hidrogénbomba magfúziója). Csak a csillagok tudják biztosítani a héliumnál nehezebb elemek kialakulásához szükséges hőt. A vasnál nehezebb minden elem (a vas a maga 56-os atomsúlyával „félúton” van az atomskálán) csak a Nap tömegének többszörösével rendelkező csillagokban jöhet létre, mégpedig akkor, amikor ezek a csillagok szupernova-robbanásokkal befejezik életciklusukat.

Sok csillagász úgy véli, hogy az első nagy tömegű csillagokban viszonylag gyorsan mehetett végbe ez a szintézis. A nehézelemek Fraunhofer-vonalai minden csillag szinképében megtalálhatók. A Fraunhofer-

vonalak ujjenyomatszerűen jelennek meg a színekben; minden elemnek megvan a saját, egyedi vonalkészlete, mert minden elem saját meghatározott hullámhosszán sugározza ki az elnyelt sugárzást: így jönnek létre ezek a kimutatható vonalak. A legtöbb tudós úgy gondolja, hogy a csillagokban megfigyelhető elemek a Galaxis történetének túlnyomó részében már jelenlegi relatív gyakoriságukban voltak meg. A modern elméletek szerint a Galaxis kialakulásának kezdeti néhány száz millió éve után többé-kevésbé elnyerte mai arculatát.

A csillagászok nem találtak olyan csillagokat, amelyek ne tartalmaztak volna nehézelemet bizonyos arányban, bár sok csillagban jóval kevesebb van ezekből, mint a Napban. Az ismert legkisebb arányban a HD 122563 listaszámú csillagon fordulnak elő; 300-szor kevesebb nehézelem van benne, mint a Napban. A HD 122563-ashoz hasonló csillagok nagyon ritkák, és a Galaxis legöregebb égitestjei közé tartoznak. Az idősebb csillagok, az első csillagok már nem bocsátanak ki fényt. Legtöbbjük már régen elfogyasztotta nukleáris tüzelőanyagát, bár parázsló égitestek vagy fekete lyukak formájában ma is léteznek.

Az első csillagok sokban különbözhetnek a később létrejött csillagoktól. Kialakulásukkor csak az univerzum eredeti elemei, a hidrogén és a hélium voltak jelen. A nehezebb elemek teljesen hiányoztak belőlük. Ezek a csillagok képezik a csillagfejlődés „hiányzó láncszemét”, és ha vannak is köztük olyanok, amelyek még mindig fénylenek, akkor azok nagyon kicsi csillagok lehetnek. Kis tömegük miatt lassan „égnek ki”, és életciklusuk hosszú, de éppen emiatt annyira halványak, hogy talán sohasem mutathatjuk ki őket.

A mi szempontunkból az a lényeg, hogy a legtöbb csillagban — egy részük bizonyára jóval idősebb a Napnál — nagy mennyiségben vannak nehézelemek. Ez arra utal, hogy esetleges bolygók összetétele sem különbözhet sokban a Naprendszer bolygóiétól. A Merkúrhoz, a Marshoz, a Vénuszhoz és a Földhöz hasonló sziklás bolygók nyilvánvalóan nem jöhettek volna létre, ha az őket szülő csillagban nem álltak volna rendelkezésre megfelelő mennyiségben a nehézelemek.

Galaxisunk kora

A csillagászok három különböző módszert alkalmaztak a Galaxis korának kiszámítására. Mindhárom nagyjából hasonló eredményt hozott, így megállapíthatjuk, hogy Galaxisunk *legalább* tízmilliárd éves.

1. A radioaktív kormeghatározás bizonyos radioaktív elemek (az uránium, a tórium, a rénum és az ozmium) izotóparányán alapul. Megmérték az uránium—235 és uránium—238, a tórium—232 és uránium—238, valamint a rénum és az ozmium jelenlegi arányát. A mai arányok attól függenek, hogy mikor alakították ki ezeket az elemeket Galaxisunk első

generációs, nagy tömegű csillagai. Mivel ismerjük a nehézelemek atomjainak bomlási sebességét, a jelenlegi arányokból kiszámíthatjuk, mikor keletkezhetett először uránium—235, tórium—232 és rénium a Galaxisban. Így a fenti elemek három független radioaktív óra szerepét töltik be, amelyek útján kiszámítható, hogy a Galaxis kora 10 és 20 milliárd év között van. 1982-ben Hans Klapdor professzor, a heidelbergi Max Planck Atomfizikai Intézet munkatársa kollégáival együtt kimutatta, hogy ez a szám valószínűleg a 20 milliárd évhez áll közelebb. Munkájukban, amely fontos adalékokkal szolgál a téma kutatói számára, kiszámították, hogy mekkora lehetett a „radioaktív óra” elemeinek aránya, amikor azok keletkeztek.

2. Ha elfogadjuk (ahogyan a legtöbb csillagász is elfogadja manapság), hogy az univerzum az ősrobbanás óta tágul, akkor a galaxisok és más, extragalaktikus égitestek színpéjében kimutatott vörösetelodások jelzik a világegyetem tágulásának mértékét, s ez felhasználható az univerzum korának megállapításában. Ha visszafelé indulunk az időben, akkor elérkezünk egy ponthoz, amikor az anyag nagy sűrűsége még nem tette lehetővé a galaxisok kialakulását.

A három Kelvin-fokos (vagyis az abszolút nullafokot 3 fokkal meghaladó) univerzális háttérsugárzást 1963-ban fedezte fel Penzias és Wilson, amiért 1978-ban kapták meg a Nobel-díjat. A csillagászok általában megegyeznek abban, hogy ez az energia a világegyetem tágulása során szétoszló kezdeti tűzgolyóból származik, amelynek hőmérséklete több millió fokról csökkent le 3 Kelvin-fokra. Így hőmérsékletének változása, a tágulás mértéke az ősrobbanástól kezdve további adatokat szolgáltat a világegyetem — és a galaxisok — koráról. A számítások ezzel a módszerrel is tíz- és húszmilliárd év közötti eredményt hoztak.

3. A Galaxis szükségszerűen öregebb, mint legidősebb csillagai, a legidősebb csillagok kora megbecsülhető. A legöregebb csillagok az úgynevezett globuláris halmazokban találhatók; több, mint száz ilyen alakulat van Galaxisunkban. Mindegyik halmaz több százezer csillagot tartalmaz. A globuláris csillaghalmazok tagjai szükségszerűen azonos időpontban, azonos feltételek mellett, ugyanabból az anyagfelhőből jöttek létre, így kezdetben egy-egy halmaz csillagai nagyjából azonos összetételűek voltak. Az egyetlen változó: eredeti tömegük különböző, és ez magyarázza a jelenlegi szembetűnő különbözőségeket. A gravitáció hosszú időn keresztül együtt tartja egy-egy globuláris halmaz csillagait, így a tudósok összehasonlíthatják a több milliárd éves csillagfejlődési folyamat eredményeit, minthogy a halmazban található csillagok jelenlegi állapotát kizárólag eredeti tömegük határozza meg.

A tömegbeli különbségek igen fontos következményekkel jártak. Minél nagyobb egy csillag tömege, annál gyorsabban „égeti el” anyagát az égitest. A csillag fényességének értéke — amely a hidrogént héliummá „égető” folyamat eredménye — a Napnál háromszor nagyobb tömegű

csillagok esetében a Nap tömegének köbével változik. Így például egy olyan csillag, amelynek tömege tízszer akkora, mint a Napé, ezerszer gyorsabban „égeti el” anyagát, mint a Nap. Ezért a nagy tömegű csillagok hamar végigélik a fejlődési folyamat fázisait, és végül eredeti tömegüktől függően szupernovák, neutroncsillagok vagy fekete lyukak lesznek belőlük. Az igen nagy tömeggel, mondjuk a Nap tömegének hússzorosával, harmincszorosával rendelkező csillagok csupán néhány millió éven keresztül tudnak megmaradni stabil állapotukban. A kisebb csillagok viszont hosszabb ideig élnek. A Napnál 10%-kal kisebb tömegű csillagok mintegy 15 milliárd évig maradnak stabilak, ha pedig tömegük 25%-kal kisebb, akkor várhatóan kétszer annyi ideig élnek, mint a mi Napunk.

Az igazán nagy tömeggel rendelkező csillagok nem fénylenek az 5—10 milliárd éves globuláris halmazokban. A látható csillagoknak kisebb a tömegük, így lassabban lépnek át egyik fejlődési stádiumból a másikba. Ilyenek a Naphoz hasonló és az annál kisebb tömegű csillagok, amelyek legalább tízmilliárd évig élnek. Amikor a Nap — körülbelül ötmilliárd év múlva — megvénuül, fehér törpe lesz belőle. Akkor ér majd aktív életciklusa végére. A globuláris halmazokban sok fehér törpe található; valamikor rég ezek is olyanok voltak, mint a Nap.

Látogatók a Földön

Mindhárom megközelítési módszerrel azt az eredményt kaptuk, hogy Galaxisunk állapota legalább tízmilliárd éve többé-kevésbé változatlan, így elvben az ETI-k bármikor itt járhattak a Föld kialakulása óta. Egy kis aritmetika megmutatja, mennyire fontos ez a tény akkor, amikor a történelmi időkben lezajlott látogatásokról beszélünk.

Tegyük egyszerűbbé a számolgatást, és tételezzük fel, hogy a Föld a kialakulását követő néhány százmillió évben még nem fogadhatott látogatókat! A Föld életkora 4,6 milliárd év, a jövevények mondjuk az elmúlt négy milliárd év során bármikor ideérkezhetnek bolygónkra. Azt is tegyük fel, hogy a négy milliárd éves időszak alatt a látogatások valószínűsége állandó marad!

Az újságok és a könyvek népszerű történetei szerint a régmúlt asztro-nautáinak túlnyomó része történelmünk utóbbi 4000 évében járt a Földön. Annak a valószínűsége, hogy éppen ekkor és nem a Föld történetének egy másik időszakában került sor csak egyetlen látogatásra, 4000 a 4 milliárdhoz. Ez annyi, mint 1000 az 1 milliárdhoz, vagyis 1 az 1 millióhoz. Más szóval: ahhoz, hogy statisztikailag valószínű legyen a történelmi időkben (az elmúlt 4000 év során) tett egyetlen látogatás, a Föld kialakulása óta az ETI-knek egymilliószor kellett volna eljönniük bolygónkra.



20. ábra. Így néz ki az első, a csillagoknak címzett üzenetünk, amelyet a Cornell Egyetem rádiócsillagászai 1974-ben küldtek el az M13-as csillaghalmaz irányába a Puerto Ricó-i Arecibo-tükör alkalmazásával. Ezt a 305 m átmérőjű rádióteleszkópot igen erős adóberendezéssel szerelték fel, amelyet egyébként radarsugarak kisugárzására használnak a szomszédos bolygók és a Föld ionoszférája vizsgálatához.

Frank Drake professor, az Arecibo Csillagvizsgáló akkori igazgatója és a Cornell Egyetem Nemzeti Csillagászati és Ionoszféra Központjának munkatársai találták ki ezt a kódolt üzenetet, és ellenőrzésképpen saját kollégáikat kérték fel arra, hogy próbálják meg megfejteni a jelentését. Ezután kisugározták a 24 000 fényév távolságban lévő, 300 000 csillagból álló M13-as globuláris halmaz irányába. Amikor a sugárnyaláb odaér, éppen elég széles lesz ahhoz, hogy az Arecibóból sugárzott adás lefedje mind a 300 000 csillagot.

Az üzenet egyszerű bináris kód, azaz „ki—be” jelek sorozata. A „be” egyest, a „ki” nullát jelent. Az üzenet elemeinek száma 1679. Ezt az e célra kiválasztott számot 73 és 23 összeszorozásával kaphatjuk meg; az idegenek (akikről feltételezzük, hogy erős oldaluk a matematika) megértik majd, hogy egy 73 karakternyi sorból és 23 karakternyi oszlopból álló keretben kell elhelyezniük a jeleket. Ezután már csak értelmezniük kell az üzenetet — ami talán nem is lesz nagyon könnyű.

(Amikor ez a csillagokba sugárzott ábra megjelent a *Nature* c. folyóiratban, a világ egyik vezető tudományos lapjában, fejjel lefelé nyomtatták ki. Alatta egy karikatúra két rádiócsillagászt ábrázolt, akik éppen akkor veszik a választ. Az egyik azt mondja: „Most megküldték a választ, de ők fordítva csinálták: a hívott fél fizet.” A *Nature* nagy hatalmú szerkesztőgárdájának talán alá kellett volna húznia a „fordítva” szót, hogy érthetőbbé tegyék a viccet.)

Ha (a jobb felső sarokból elindulva) olvasni kezdjük az üzenetet, elsőként az egytől tízig terjedő számsort látjuk kettes számrendszerben. Ez egyértelművé teszi az üzenet nyelvét. Alatta egy oszlopban a hidrogén, a szén, a nitrogén, az oxigén és a foszfor rendszámjai jelennek meg, amelyek azt jelzik, hogy ezek az elemek alkotnak a Földön minden élő szervezetet. Ennek az információnak a birtokában azután az idegenek megfejthetik a DNS-t alkotó molekulák kódját, a 32. és a 46. sor között pedig megtalálják a kettőspirált (alapvető genetikai mechanizmusunkat).

Az építőköcszerű elemekből felépített ember fejét a kettőspirál alsó végződéséi közé helyezték, amiből az M13-as csillaghalmaz intelligens lakói könnyen felismerhetik életünk kémiai alapját. A kettőspirál két ága között látható nagy függőleges oszlop a négyezer milliós (4 milliárdos) számot jelzi, amely az ember kódjához szükséges genetikai komponensek (alappárok) hozzávetőleges száma.

Az emberi alaktól jobbra látható átlagos testmagasságunk, a 12,6 cm-es jel hullámhosszának a tizennégyszerese. A baloldali széles tömb is négyezer milliót, a Föld emberi lakosainak a körülbelüli számát jelzi.

Ez alatt, jobbról balra haladva a Nap és kilenc bolygója látható. Vegyük észre, hogy a harmadik bolygó, a Föld a többitől magasabban, a jelképes emberalak lába alatt helyezkedik el. A Naprendszer alatt az Arecibo rádióteleszkópot ábrázolják; lefelé mutat, arra a számra, amely megadja átmérőjének az adás hullámhosszával kifejezett nagyságát.

Frank Drake professzornak és kollégáinak a munkája szépen példázza, milyen szintű információt lehet különösebb nehézség és költség nélkül kisugározni a csillagközi térbe; az egész üzenet adása összesen 169 másodpercig tartott. Jelzi, mit tehet egy fejlett civilizáció, ha hírt akar adni kultúrájáról a világegyetem más értelmes lényeinek.

Még akkor sem változik ez a szám túl nagy mértékben, ha figyelembe vesszük, hogy egy Földre látogatás valószínűsége a Galaxis korának előrehaladtával és a technikai civilizációt teremtő fajok számának gyarapodásával egyre nő. Ahhoz, hogy elfogadjuk, hogy a Földet a történelmi időkben vagy repülő csészéaljakkal a közelmúltban ETI-k látogatták meg, Galaxisunknak alaposan gyarmatosítottnak kellene lennie, ahol csak úgy hemzsegnek a csillagközi utazók. Ellenkező esetben az ősi asztronauták és csészéaljutasok látogatása túlságosan is véletlenszerű lenne ahhoz, hogy hihető legyen.

Egyszerűen valószínűtlen az, amit a tudományos-fantasztikus irodalom állít, vagyis hogy az ETI-k útrakelnek bolygóikról, hogy minket felkeressenek. Ilyen vendégekre nem számíthatunk. Úgy tűnik, a többi bolygórendszerben sem ez az idegenek látogatásának módja.

Ha a csillagközi utazás és a bolygórendszerek gyarmatosítása gyakori jelenség, akkor igen sokan tudhatnak a létezésünkről, különösen azért, mert valószínűleg kevés a Földhöz hasonló „kék bolygó”. Egyesek azt állítják, hogy ha ilyen hosszú időn keresztül zavartalanul hagynak minket, akkor valamiféle természeti bolygórezervátumban élünk. Ez esetben az ETI-knek feltehetőleg nincs indokuk arra, hogy akár a Földön, akár a Holdon letegyék a névjegyüket. Az ember nem szokott jeleket hagyni egy nemzeti parkban, hogy ottlétéről tájékoztassa a csimpánzokat. De arra is gondolhatunk, hogy bolygórendszerünket azért nem zaklatták, mert ha civilizációnk fejlődése megengedi, hogy kiruccanjunk az ürbe, szükségünk lesz majd a Holdon és még inkább az aszteroidokon fellelhető nyersanyagkészletre. Egy gyarmatosított Galaxisban maximálisan tiszteletben tartanak ezt az igényünket, és érintetlenül hagynák a fejlett bioszférával rendelkező bolygórendszerek forrásait.

Most pedig tételezzük fel, hogy Galaxisunkat még nem tárták fel maradéktalanul, bolygórendszereinek nagy része nem került még gyarmati sorba, és létezésünket még nem jegyezték fel a Kozmikus Hálózat egyik számítógépében. Röviden: nem vagyunk bezárva abba a bolygóálatkertbe, amely körül zajló ETI-tevékenységnek nem vagyunk a tudatában. Ez esetben már érdemes foglalkozni a „névjegyekkel”, mivel az elmúlt néhány milliárd év során bármikor itthagyhatták azokat.

Nehéz elképzelni, hogy egy hozzánk hasonló, fejlett technika létrehozására és a világegyetem felfedezésére törekvő faj ne akarná otthagyni látogatásának nyomát, miután átkelt a csillagközi téren egy másik bolygórendszerbe. Ha mást nem is tesz — ahogy mi is sokszor megteszük itt, a Földön —, megjelöli a helyet. De valószínűtlennek tűnik, hogy ezt úgy tennék, ahogyan Däniken és több más író műveiben szerepel: nyilván nem valami múlandó emlékművet hagynának maguk után a Földön, amely legfeljebb néhány ezer éven keresztül marad fenn.

Képzeld el, hogy *ők* (vagy ha maguk nem vállalkoznak ilyen hosszú utazásra, akkor az űrhajóik) idejöttek a Naprendszerbe valamikor az

elmúlt négy milliárd év során. Ez idő alatt alakult ki Földünkön az élet, és közben az erózió alapos változásokat idézett elő bolygónk felszínén. Vajon miféle helyszínt választottak volna egy emlékmű számára?

Nincs okunk azt feltételezni, hogy az ETI-k választ várnak azokra az üzeneteikre, amelyeket ők vagy intelligens űrhajóik esetleg elhelyeztek a meglátogatott világokban vagy azok közelében. Az Egyesült Államok rádiócsillagászai is úgy üzennek a messzi csillagokba, hogy nem is várnak feleletet. Egyszerűen csak tisztelettel adóznak annak a gondolatnak, hogy „odakint” akár értelmes lények is lakozhatnak. Hasonló motivált-sággal indították útnak a fényképeket és filmfelvételeket vivő Pioneer és Voyager űrszondákat is. Ezeket azzal a szándékkal bocsátották fel, hogy tárják fel a Naprendszer külső bolygóit, annak biztos tudatában, hogy soha senki nem fogja látni sem az űrszondákat, sem pedig üzeneteiket, majdani felbomlásukig tartó útjukon a csillagközi térben. Ezért nem tulajdoníthatunk az ETI-knek sem kevésbé nagylelkű szemléletet, hogy mindenfelé hirdessék és terjesszék intelligenciájuk gyümölcseit. Ha egykori Földre látogatásuk alkalmával előre látták, hogy fennáll egy technikai civilizációt teremtő faj kifejlődésének a lehetősége, akkor bizonyára találtak egy biztonságos, de megkülönböztethető, feltűnő helyet üzenetük elhelyezésére.

A Holdon van a bizonyíték?

Hol lehetne tehát biztonságban a jel évmilliókon keresztül? Csakis egy olyan, eróziótól nem fenyegetett égitesten, mint a Hold, maradhat meg tartósan egy jelzés. David R. Scott, az Apollo—15 űrhajó parancsnoka mondta, hogy nehezen tudott napirendre térni afölött, hogy a tőle karnyújtásnyira lévő hatalmas holdszikla több mint 500 millió é e, mielőtt bolygónkon még nem is létezett szárazföldi élet, változatlanul ott van. Ha egymilliárd évvel Scott előtt idegen űrhajósok szálltak volna le a Holdon, akkor nagyjából ugyanaz a kép tárult volna a szemük elé, és nem kerülte volna el a figyelmüket, hogy a Hold milyen jó hely arra, hogy otthagyják a Naprendszerbe tett látogatásuk jeleit. Megfelelő módon egy egyszerű jelzéstől kezdve egy bonyolult adatbankig bármit elhelyezhettek volna; nagy a valószínűsége, hogy legalább egymilliárd éven keresztül érintetlen maradt volna. A Hold, Naprendszerünk legnyugalmasabb világainak egyike kifejezetten kedvező hely lenne az ősi asztronauták üzeneteinek megőrzésére, ha csakugyan jártak erre idegenek.

A Földön nincsenek jelei űrhajósok látogatásának, legfeljebb majd csak akkor, ha fejlett ETI-k vesznek körül minket, elfoglalják a közeli csillagok bolygórendszereit, vagy megvetik a lábukat a Naprendszer peremén. Nem reális az a feltételezés, hogy a Földön tartózkodásukat az utókor számára is jelezni kívánó ETI-k segítettek volna az ősi egyiptomiaknak vagy a kevésbé ősi dél-amerikaiaknak nagy piramisáik építésében.

Az ilyen jelek túlságosan is mulandóak, és ki vannak téve olyan lények rombolásának, akik esetleg nem fogják fel egy Földön kívüli értelmes üzenet jelentőségét. Ha viszont a Holdon, az efféle zavaró tényezőktől, és ami még fontosabb, az erózió hatásától távol helyezik el az ősi asztronauták üzenetüket, akkor már esély van arra, hogy megérti azt egy olyan faj, amely eléggé fejlett már ahhoz, hogy az űrben átkeljen egyik világból a másikba.

Néhány évvel ezelőtt, 1972 decemberében a *Spaceflight* című lap közreadta G. V. Foster cikkét; a szerző érdekes számításokat végzett a Föld fennállása óta esetleg bekövetkezett ETI-látogatások számáról. Feltételezte, hogy minden 10 000 csillagra jut egy űrutazó civilizáció. Ez esetben Galaxisunkban tízmillió civilizáció van. Ezután Foster kiszámította, hogy a Galaxis forgása következtében bolygónk kialakulása óta több mint négymillió csillag került 50 fényévnél közelebb a Földhöz. Azt is feltette, hogy az űrutazó civilizációk eddig a távolságig jutottak el, ami összesen 420 esetleges ETI-látogatást jelent a Földön. Végül Foster levonta a következtetést: ha ez tényleg így volt, akkor a Naprendszer egy „igencsak kitaposott ösvény”.

Úgy tűnik, hogy az ETI-k részéről nem ez a legvalószínűbb módja a Föld meglátogatásának. Az űrutazó civilizációknak nem szükséges több csillag távolságba elrepülniük, elég, ha a legközelebbi csillagig utaznak. (A mi esetünkben ez a távolság alig több négy fényévnél.) A legtöbb csillag körül törmelék kering, amelyek alkalmasak űr lakóhelyek kialakítására. Ha csakugyan utazgatnak a csillagok között, akkor 420-nál sokkal többször is járhattak már a Földön bolygónk születése óta.

Biológiai bizonyítékok

Amint azt később látni fogjuk, lehetséges, hogy a múltbéli látogatás biológiai következményekkel is járt. Aligha várhatjuk el, hogy az idegen asztronautákat ne kísérje néhány idegen mikroba is, hacsak a látogatók nem gondosan sterilizált elektronikus asztronautarobotok. Két japán tudós — akiknek munkájáról a 9. fejezetben szólunk részletesebben — lehetségesnek tartja, hogy az ETI-k biológiai úton próbáltak meg kommunikálni velünk, és ennek bizonyítékai még ma is felfedezésre várnak a Földön. Ez nem látszik túl valószínűnek. Hihetőbb az, hogy az idegen asztronautákkal érkezett idegen organizmusok (mondjuk mikroorganizmusok) vagy hamarosan kihaltak, vagy a földi élőlények rovására elszaporodtak, attól függően, hogy mennyire voltak kedvükre az itteni életfeltételek. Igaz, hogy a Föld élő anyagának súly szerinti nagyobb hányadát mikroorganizmusok alkotják. Így lehetséges, hogy idegen élet rejtőzködik a mikrovilágban, jóllehet ennek semmi jelét nem tapasztal-

juk (nem mintha bármiféle esélyünk is lenne felfedezésükre, ha lenne is valamilyen jele létezésüknek).

Akkor most foglaljuk össze az ősidők asztronautáiról kialakult véleményünket! Csak valami majdhogynem exponenciálisan növekvő galaktikus gyarmati terjeszkedés tehetette (volna) lehetővé azt, hogy az ETI-k a Naprendszerbe a történelmi idők rövid szakaszában látogassanak el, márpedig az ősidők sokat emlegetett űrhajósai állítólag éppen ekkor érkeztek a Földre, és segítették az emberiséget a civilizáció fejlődése felé vezető útra. Egyébként is teljesen valószínűtlen, hogy ebben az időszakban a Galaxis — mai ismereteink szerint — több millió bolygórendszere közül éppen a miénkbe jöttek el. Persze ha van gyarmatosítás, akkor köznapinak számíthatnak az ETI-k látogatásai. Ezért van az, hogy ha *csak egyetlen* látogatás tényét is elfogadható bizonyítékok támasztanák alá — akár a történelmi időkben került erre sor, akár napjainkban, a repülő csészéaljak évszázadában —, akkor ez a felfedezés nyomban véget vetne az emberiség helyzetéről alkotott elbizakodott véleményeknek. Akkor kénytelenek lennénk tudomásul venni, hogy idegen intelligenciák és a miénket felülmúló technikai civilizációk vesznek körül minket.

Most megvizsgáljuk, miért elkerülhetetlen fejlemény minden sikeres technikai civilizáció számára a világuúr gyarmatosítása, és hogy az űrkolóniákról alkotott új elképzeléseink miért befolyásolják olyan nagymértékben a Földön kívüli civilizációk bebizonyításának az esélyeiről alkotott véleményünket.

Elérhetik-e az ETI-k a Naprendszert?

Két okból is mérlegelnünk kell a csillagközi utazás lehetőségét. Először azért, hogy megtudjuk, képesek lehetünk-e rá valaha. Másodsor — és ez a fontosabb esetünkben — azért, hogy megállapítsuk, mekkora a valószínűsége annak, hogy más civilizációk ellátogattak már a Naprendszerbe.

Sok űrkutatási mérnök és fizikus írt már a csillagközi űrrepülés technikai problémáiról. A legtöbbjük keresztülvihetőnek tartja, de az utazás sokkal hosszabb időt venne igénybe, mint az ember jelenlegi átlagéletkora. Ahhoz, hogy egy űrhajó legénységgel a fedélzetén ennél rövidebb idő alatt jusson el a legközelebbi csillagig, elérhetetlenül sok energiára lenne szükség, még akkor is, ha az elméletileg leghatékonyabb forrást használnánk. Egy napon talán az automatizált szondák eljuthatnak majd a legközelebbi csillagokhoz; a fénysebesség tizedrészével haladva talán ötven—néhány száz év alatt érkeznek el a céljukhoz, de az asztronauták nem fogják űrhajókon követni azokat, mint a holdutazás idején. Ne felejtjük el, hogy a legközelebbi csillag százmilliószor messzebb van, mint a Hold.

Négy út a csillagokhoz

Ahhoz, hogy a *Star Trek* hőseinek, Kirk kapitánynak és legénységének a példáját követve a fénynél nagyobb sebességgel haladhassunk, le kellene győznünk azokat az akadályokat, amelyeket az univerzum törvényei helyeztek az utunkba. Elméletben négyféleképpen juthatunk el a csillagokhoz:

1. Majdnem fénysebességgel haladó űrjárművel.
2. Egy sokkal lassúbb járművel, amelynek személyzete úgy marad életben, hogy az utazás nagy része alatt (mélyhűtéssel, esetleg hibernálással) felfüggesztik életműködéseiket.
3. Önálló világokat alkotó űrgyarmatok utasaiként, viszonylag kis sebességgel. Ebben az esetben csak a későbbi generációk gyarmatosíthatnák az idegen világokat.
4. Számítógépek vagy robotok, azaz fejlett mesterséges intelligenciájú

„szerkezetek” teszik meg helyettünk az utat. Ha a mesterséges intelligenciát magas szintű biológiai módszerek egészítik ki, az automaták arra is képesek lehetnek, hogy amikor megfelelő helyre érnek, szintetizálják megépítőik génjeit. Egy másik változat szerint a gyarmatosító faj sejtjeit az életfunkciók átmeneti felfüggesztése mellett szállítanák a csillagok közé. Amikor a robotok kiépítették az új csillagrendszerben a megfelelő lakókörnyezetet, a szintetizált génekből vagy az élő sejtek genetikai anyagából létrejöhetne egy új civilizáció első generációja. Így gyarmatosíthat egy fejlett faj idegen világokat anélkül, hogy egyetlen képviselőjének is el kellene hagynia „hazai” bolygórendszerét.

Repülés fénysebességgel?

Először nézzük meg, mely tényezők akadályozzák, hogy egy űrhajó valaha is megközelítse a fénysebességet!

Einstein 1905-ben közzétett, s az évek során számos megfigyeléssel és kísérlettel alátámasztott speciális relativitáselmélete kimondja, hogy semmi nem gyorsítható fel a fénysebességig. Ahogy az anyag gyorsul, úgy nő a tömege. Rendes körülmények között a különbséget nem is lehet érzékelni, a fénysebesség közelében azonban már igen nagy mértékben növekszik a tömeg. Így bárminek (legyen az akár űrhajó, akár az atomnál kisebb elemi részecske) a felgyorsításához szükséges energia mennyisége is igen nagy mértékben nő. A fizikusok az atomnál kisebb részecskéket csak a fénysebesség 99,9%-ára tudják felgyorsítani, de képtelenek elérni a fénysebességet. Einstein elmélete szerint az ilyen részecskéknél — vagy egy űrhajónál — a fénysebességen végtelenül nagy lenne a tömege, és ezért további gyorsításához is végtelenül nagy energiára lenne szükség. Ez nyilvánvalóan kivihetetlen.

Energia

Mindezek ellenére — bármily lehetetlennek tűnik is a gyakorlati megvalósítás — elméletileg elképzelhető a kevéssel a fénysebesség alatt megtett űrutazás. Ennek ráadásul lenne egy lenyűgöző velejárója is. Nemcsak a tömeg növekedne, hanem abban a pillanatban, amikor a jármű megközelíti a fénysebességet, az utasok számára jelentősen lelassulna az idő. De mielőtt nagyon belemelegednénk ennek taglalásába, vizsgáljunk meg egy olyan energiaforrást, amely megfelelően felgyorsíthatná űrhajónkat.

Napjaink leghatékonyabb energiaforrása a magfúzió; ezt használja fel a Nap, a csillagok és a hidrogénbomba is. A hidrogénatomok héliummá állnak össze, de a magreakcióban részt vevő anyagnak kevesebb mint 1%-a energia formájában kerül kibocsátásra. Kevés anyag nagy energiá-

vá alakul át — amint azt nagyon is jól tudjuk a hidrogénbomba robbanásából —, de még ez az energia sem elég ahhoz, hogy gyorsan eljuthassunk a csillagokhoz. Tegyük fel, hogy a fénysebesség 99%-ával szeretnénk haladni. Ha magfúzióval hajtott rakétát használnánk arra a célra, hogy oda-vissza megtegyük a Föld és a legközelebbi csillag, a 4,5 fényévre levő Proxima Centauri közötti utat, az üzemanyag egymilliárdszor súlyosabb lenne, mint maga az űrhajó. Valamivel kedvezőbb a helyzet, ha csak a fénysebesség egytizedével utazunk, a visszatéréshez szükséges üzemanyagot pedig a Proxima Centauri csillagrendszerben vesszük fel. Ez esetben induláskor az üzemanyag súlya az űrhajó súlyának néhány százszorosát tenné ki, bár az oda-visszaút körülbelül 100 évig tartana.

A magfúzió hatásfoka kisebb, mint 1%: az anyagnak csak 0,7%-a alakul át energiává. Nekünk az elméletileg legnagyobb hatásfokú energiaforrásra van szükségünk. Ez pedig nem más, mint az anyag—antianyagreakció. Az anyag és az antianyag atomnál kisebb részecskéit gyakran ütköztetik a nagy anyagszerkezeti kísérletek alkalmával az óriási gyorsítóknak. Egy ilyen reakcióban az összes anyag energiává alakul át. De még ha sikerülne is nagy mennyiségben előállítanunk antianyagot — és gondoskodunk arról, hogy ne érintkezzen a közönséges anyaggal —, ez akkor sem lenne gyakorlatilag célszerű energiaforrás egy fénysebesség közelében tett utazáshoz.

Képzelnék csak el, hogy egy személyzetet szállító, Föld körüli keringési pályán épített űrhajót az elképzelhető leghatékonyabb energiaforrás (az anyag—antianyag megsemmisülési reakció) hajt. Az űrhajó a legközelebbi csillagra, a Proxima Centaurira tartva a fénysebesség 99%-ára gyorsul fel. A gyorsulás során 1 g (a Föld gravitációjával megegyező) erő nehezedik az utasokra. Ha ez az érték egy kicsit magasabb, akkor a gyorsulás már kellemetlen; ha sokkal magasabb, az utasok nem élnek túl.

Egy űrhajó, amelyre gyorsuláskor mindvégig 1 g erő hat, hat hónap alatt gyorsulna fel a fénysebesség 99%-ára. További hat hónapig haladna ezzel a sebességgel, mielőtt elérné úticélját. Ezután lassítania kellene, de úgy, hogy továbbra is belül maradjon az 1 g-s határon. A visszaúton meg kellene ismételni ugyanezt a műveletet. Ehhez a négy manőverhez annyi energia szükséges, hogy még az anyag—antianyag reakció alkalmazása esetén is 40 000:1 lenne a tömegek aránya, vagyis az űrhajó tömegének 40 000-szeresét kellene az üzemanyag tömegének kitennie. Induláskor a teljes űrhajónak 40 000-szer nagyobb lenne a tömege, mint annak, amely később visszatér a Föld körüli pályára. Nem hiszem, hogy valaki valahol ilyen nehézkes módját választaná a távoli csillagok felkeresésének.

És van még egy akadálya a fénysebesség közelében megtett utazásnak: a hajó pajzsának ütköző atomok és a csillagközi por folyamatos robbanásokat idéznének elő. Vagy nagyon masszív pajzsra lenne szükség, vagy pedig energiát kellene szánni egy olyan erőter kialakítására, amely képes lenne eltéríteni a csillagközi tér részecskéit, ha egyáltalán van mód az

ilyesfajta védekezésre. Így hát elmondhatjuk, hogy a világegyetem törvényei nem kedveznek a fénysebesség közelében tett űrutazásnak. Sajnálattos módon a *Star Trekben* és a *Csillagok háborújában* látott űrhajók mindig a képzelet szüleményei maradnak.

Milyen legénységgel?

A kisebb sebességgel megvalósított űrutazás azért hihetőbbnek látszik. Az energiahordozó és az űrhajó tömegének aránya magfúziós energiaforrás esetén 4:1-re szorítható le, ha elfogadjuk, hogy a legközelebbi csillagokat csak több száz év alatt érjük el. De az ilyen, évszázadokig tartó utazásokhoz (feltéve, hogy emberi lények és nem intelligens gépek teszik meg az utat) olyan űrkolóniákra lenne szükség, amelyeken generációk élnek le életüket. A megoldhatatlannak tűnő fizikai energia- és tömegproblémák helyébe ekkor más, hasonlóképpen megoldhatatlan biológiai és pszichológiai problémák lépnének. Akadnának-e alkalmas emberek, akik készek arra, hogy elhagyják naprendszerbeli bolygóotthonukat és elhajózzanak a végtelen űrbe azzal a tudattal, hogy nincs visszatérés?

A jövőben kínálkozó megoldások

Egyes kutatási irányok meghozhatják a megoldást. Ahelyett, hogy generációk legyenek kénytelenek leélni életüket a közeli csillagok felé tartó űrkolóniák fedélzetén, talán megtalálhatjuk a módját, hogy lehetővé tegyük az indulók számára, hogy ugyanők a megérkezésnél is jelen lehessenek. Míg az űrtechnikai mérnökök és fizikusok sorra jelentetik meg a csillagközi utazásról írt munkáikat, a biológusok az öregedés folyamatát tanulmányozzák, azzal a nem titkolt szándékkal, hogy meghosszabbítsák az emberi életet. Az egerekhez és a patkányokhoz hasonló kisemlősöknek pusztán a táplálkozás szűkebb keretek közé szorításával máris sikerült megduplázni az életkorát.

Néhány biológus a hibernálás biokémiai és fiziológiai problémáinak megoldásán, a normál életműködések fagyasztással való felfüggesztésén, valamint az állatoknak a fogantatástól a születésig terjedő mesterséges felnevelésén dolgozik. Egy napon bizonyára megértjük majd az ide vonatkozó biológiai és biokémiai rejtélyeket, és talán arra is képesek leszünk, hogy szükség esetén — talán éppen a csillagok felé vezető úton — embereken is alkalmazzuk ezeket a módszereket.

Ugyanakkor a számítástechnikai kutatók mesterséges intelligenciát és primitív mozgásra képes számítógépeket fejlesztettek ki. Lehet, hogy egyszer majd emberi szintű intelligenciát lehet számítógéppel szimulálni. Ez valószínűleg előbb bekövetkezik, mint hogy a biológusok megtalál-

nák az életfunkciók felfüggesztésének vagy az emberi életkor jelentős növelésének a módját. Ugyanis a mesterséges intelligencia kutatása jelenleg minden más tudománynál és technikánál nagyobb léptekkel halad előre.

Ha rendelkeznének megfelelően intelligens számítógépekkel, akkor felmerülne a csillagközi utazók hibernálásának vagy mélyhűtésének egy vonzó alternatívája. Ez lenne az úgynevezett „terminálkonceptió”. Az űrhajó vagy űrkolónia fedélzetén mélyhűtött spermát és petesejteket szállítának, oly módon, hogy végbemehessen a DNS-eik kombinációja. Az így megszülető emberi lényeket az űrhajón nevelnék fel és készítenék elő a megérkezésükre vagy arra, amikor a gépek már megépítették számukra a megfelelő lakókörnyezetet. Az embrió fejlődésétől kezdve a gép leszállásáig az egész folyamatot intelligens számítógépek felügyelnék. Előfordulhat azonban, hogy a spermát és a petesejteket nem lehet életben tartani egy csillagközi utazás időtartamára. Ez esetben a mesterséges intelligenciával rendelkező gépeknek kellene szintetizálni azokat a géneket, amelyek az új civilizáció első generációjának életre hívásához szükségesek. Mindenesetre így látjuk ma a jövő lehetőségeit; talán egy napon megvalósítható lesz valamelyik elgondolás.

Robotok utazása a csillagok között

Ha egyszer sikerül létrehozni és mozgásra bírni a magas szintű mesterséges intelligenciát, akkor valóra válhat egyik-másik sci-fi író álma. Robot-szolgáink (ha elrontunk valamit, könnyen gazdáink lehetnek belőlük!) minden feladat elvégzésére, így akár csillagközi utazásra is képesek lesznek. A számítógépek útra kelnének, és időről időre jelentenék észleléseiket a Földnek. Több száz vagy több ezer év elteltével esetleg visszatérhetnének leleteikkel, és lenyűgöznék velük a földlakókat, körülbelül úgy, ahogyan a XV. és XVI. századi felfedezők, akik visszatérésükkor egzotikus ajándékokkal kápráztatták el az európai királyi udvarokat.

Ha tehát a számítástechnikai kutatók és a biológusok csakugyan elérik azt, amit várunk tőlük — és miért ne érnék el? —, akkor legyőzhetjük a csillagközi utazások és a messzi csillagvilágok megismerése előtt álló problémákat. Akkor nem lenne szükség annak a megoldhatatlannak látszó feladatnak a megoldására, hogyan biztosítsuk a fénysebesség megközelítéséhez szükséges energiát. A gyakorlatilag halhatatlan, magas intelligenciával rendelkező számítógépek évszázadokon, sőt évezredekken keresztül utazhatnának a világűrben viszonylag kis űrjárművek fedélzetén, amelyek hajtásához viszonylag kevés üzemanyag szükséges. A csillagközi tér csakugyan roppant akadályként tornyosul előttünk, de nem olyan örökös és leküzdhetetlen akadályként, amely mindvégig saját bolygórendszerünkben belül tartja a civilizációkat. Bár a fergetes Gala-

xis-körutazások talán sohasem valósulhatnak meg, jóval a fénysebesség alatt sűrű csillagközi közlekedés alakulhat ki a világegyetem törvényei által megengedett magas technikai fejlettségi szinten.

Sokat vitatják az ún. Neumann-féle gépek csillagközi szondákként való alkalmazását. 1948-ban Neumann János, a világhírű, magyar származású matematikus közzétette az önmagukat reprodukáló gépekről vagy robotokról szóló elméletét. Ezeket „önreprodukáló automatáknak” nevezte el, és szerinte létrehozásukhoz négy dologra lenne szükség:

1. automatizált gyártóberendezésre;
2. egy utasításkészletre vagy programra (számítógépprogramra);
3. az utasítások végrehajtását biztosító eszközökre;
4. egy olyan irányító mechanizmusra, amely eldönti, mikor melyik utasítást kell végrehajtani.

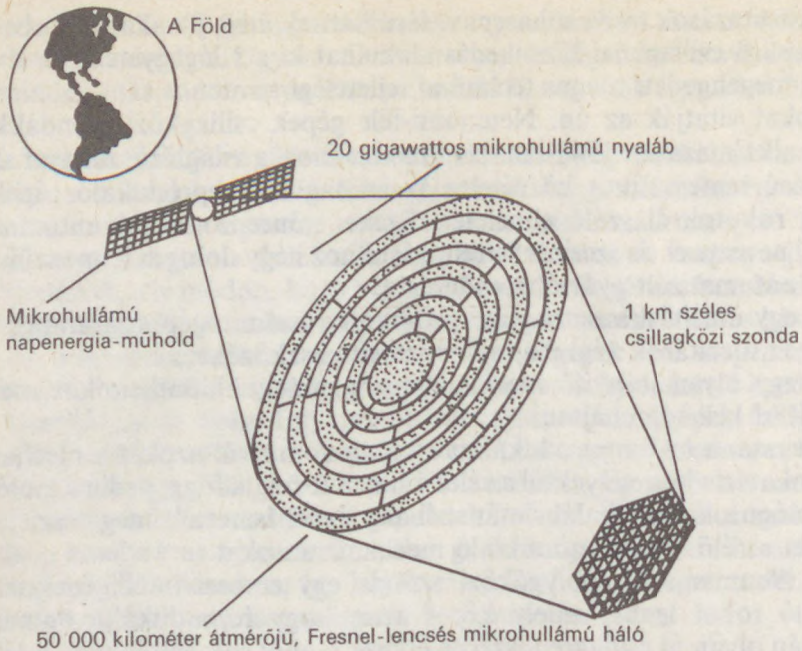
Neumann az önreprodukáló automatákon kívül azokat a mechanizmusokat írta le, amelyekről az élet minden formája függ, pedig a molekulabiológusok csak halála után néhány évvel ismerték meg részletesen ezeket az élő sejtekben működő mechanizmusokat.

A Neumann-féle bolygóközi szonda egy emberi intelligenciaszintű repülő robot lenne, amely képes arra, hogy reprodukálja önmagát, miután olyan új csillagrendszerbe érkezett, ahol sok építőanyag található, illetve kering a csillag körül. Az eredeti szondához mindenben hasonlító leányszonda vagy szondák ezután továbbrepülnének más csillagokhoz, ahol ők is létrehoznának önmagukhoz hasonló szondákat, amelyek még távolabbi csillagrendszerek felé veszik útjukat. E szerint az elképzelés szerint a Neumann-gépekkel a Föld korához képest igen rövid idő alatt gyarmatosíthatnánk az egész Galaxist. Ezzel szemben sokan úgy vélik, hogy sohasem fogunk ilyen szondákat építeni, mert ezek önállósíthatnák magukat, és képességeik folytán olyan gépekké fejlődhetnének, amelyek kicsúsznak a biológiai lények irányítása alól. Másrészt egy olyan civilizáció, amely elég fejlett ahhoz, hogy létrehozza ezeket a Neumann-gépeket, hosszú életű, valószínűleg komoly felelősségérzettel rendelkező, stabil társadalom lenne. Mint ilyen, nem tenne ki más civilizációkat annak a veszélynek, hogy intelligens gépek átvegyék felettük az uralmat.

Ha mégis érkezne hozzánk valamilyen szonda a csillagok közül, akkor — akár képes önmaga újbóli létrehozására, akár nem — tökéletesen képes lenne feladatát teljesíteni. Ezt biztosra vehetjük.

A technikai tökéletesség elve

Vannak bizonyos elvek, amelyek talán egyetemes érvényűek. Az egyik ilyen a technikai tökéletesség elve, amelyet Arthur C. Clarke vetett fel néhány évvel ezelőtt; az elv kimondja, hogy a technikai találmányok



21. ábra. A „Starwisp” nevű, idegen bolygórendszerek felderítésére alkalmas, ötletes csillagközi szonda egyedülálló tervét dr. Robert Forward, a kaliforniai Hughes Kutatólaboratórium munkatársa nyújtotta be. A szonda mindössze 1 km széles, 20 g súlyú lenne, így sokkal kevesebb energiára lenne szükség ahhoz, hogy a fénysebesség ötödével eljuttassuk az Alpha Centauri közelébe (21 évig tartana az útja), mintha egy kis méretű, hagyományos műholdat kellene felgyorsítanunk ugyanerre a sebességre.

Az elképzelések szerint a „Starwisp” mikroáramkörök drótháló-vitorlájából állna, amelyet 20 milliárd watt energiájú mikrohullámú sugárnyalábbal juttatnának pályájára. Ezt a rajzon látható, Föld körüli pályán keringő napenergia-műhold biztosítaná, amelyet mindössze egy hétre vennének kölcsön, amíg fel nem gyorsítja a „Starwisp”-et a fénysebesség egyötödére. Az energiát egy könnyű, 50 000 km átmérőjű Fresnel-lencse fókuszálná a szondára. A „Starwisp” fényérzékeny mikroáramkörei a Földre küldenék az Alpha Centauri rendszerről és esetleges bolygóiról készült fényképfelvételeket. Ez egy átrepülő küldetés lenne, vagyis a szonda egyszer áthaladna a csillagrendszeren, azután pedig távozna a csillagközi térbe.

mindig eljutnak a fizikailag lehetséges fejlettségi szint közelébe. Ez az elv érvényesült a múlt találmányainak, az óranak, a biciklinek, a gőzgépnek és a rádióvevőnek az esetében. Így hasonló fejlődési folyamatnak nézünk elébe legújabb technikai vívmányaink, a számítástechnika (mesterséges intelligencia) és az űrtechnika terén is. Ha lehetséges a csillagközi utazás, akkor a miénknél fejlettebb civilizációk várhatóan ebben is elérik a technikai tökéletesség szintjét.

Lehetséges tehát, hogy a fejlett ETI-k is ezt a technikát használják a számukra érdekes információ összegyűjtésére, és robotokat bíznak meg az utazás és a felfedezés feladataival saját maguk helyett.

A küldetés mögött álló elme

Emlékeznek azokra a tipikus sci-fi jelenetekre, amikor az idegenek kilépnek űrhajóikból? Mit láttunk olyankor? A küldetés mögött álló elmét, amelynek általában kétféle célja lehet: a világ megmentése vagy elpusztítása. Sohasem azt láttuk, hogy az ETI gazdák robotjai vagy élő szolgálói egyszerű rutinlátogatást tesznek egy hétköznapi bolygón.

Ez a fajta forgatókönyv egyébként remek magyarázattal szolgál az UFO-hívők számára a repülő csészealjok utasainak külsejét illetően. A szemtanúk csaknem mindig valamilyen főemlős mintájára írják le ezeket a lényeket, és az ufológiának ez az aspektusa a legtöbb tudóst (főleg a fejlődésbiológia tudorait) elriasztja a témától. Pedig nem olyan biztos, hogy a szemtanúk csak a *Star Trek* és más olyan űrlegendák agy mosásának hatására teszik meg vallomásukat, amelyekben a Galaxis minden bolygóját a *Homo sapiens* vagy a csaknem azonos főemlősök foglalják el. Talán inkább arról lehet szó, hogy az UFO-t látó azt látja, amit kifejezetten az ő kedvéért hoztak létre. Így a Föld felderítésére érkezett ETI-k nyugodtan tevékenykedhetnek anélkül, hogy megjelenésükkel pánikot keltenének az utcákon. Az ilyen, időről időre előforduló „harmadik típusú találkozások” nem okoznának riadalmat, nem keltenének fel tudományos érdeklődést, és nem vonnának maguk után katonai beavatkozást; míg azok a jelentések, amelyek különös, megdöbbentő külsejű lényekről szólnak, nemcsak a tudósok, hanem a katonák érdeklődését is felcsigázzák. Ha a beszámolóokban szereplő lények csak apróságokban különböznek tőlünk, a tudósok megmaradnak abban a hitükben, hogy a szemtanúk nem eléggé műveltek, és kevés fantáziával rendelkeznek, s ezért nem tudják igazán érdekessé tenni illúzióikat vagy blöffjeiket.

A következőkben vizsgáljuk meg azt a tényezőt, amely talán a legnagyobb mértékben befolyásolta a Földön kívüli civilizációk előfordulási gyakoriságáról alkotott elképzeléseinket. Nevezzük ezt a tényezőt „kolonizációs faktornak”; a Galaxisban létező civilizációk számának becslésekor figyelembe vett tényezők közül ez a legfontosabb.

A gyarmatosítási tényező

Az űrkorszak szovjet megálmodója, Konsztantyin Ciolkovszkij eltökélt védelmezője volt annak az elképzelésnek, amely a lakott világok nagy száma mellett érvelt. Ezt írta: „Lehetséges lenne, hogy Európa lakott, a többi világrész viszont lakatlan?” Ez persze csak szónoki kérdés volt, amelyre határozott „nem” választ akart kapni az olvasótól. De ha jobban meggondoljuk a dolgot, akár „igen”-nel is válaszolhatunk. Igen, elképzelhető lenne, hogy a többi világrész lakatlan, ha léteztek volna olyan gátló tényezők, amelyeken az emberiség képtelen keresztüllépni. És csakugyan, sok lakatlan része volt a Földnek, egészen a legutóbbi időkig, amikor sikerült leküzdeni a korábbi akadályokat. Bár több ezer éve éltek emberi lények (mind a *Homo erectus*, mind a *Homo sapiens*) Ázsia földjén (a *Homo erectus* több mint egymillió éven keresztül), az első őslakók csak 50 000 évvel ezelőtt keltek át a szomszédos Ausztráliába. A polinéziaiak is csak a történelmi időkben, vagyis i. e. 1000 és i. sz. 1000 között keltek át nagy kenuikkal a Csendes-óceánon, hogy — első ízben — benépesítsék Szamoa, Tonga és a Hawaii-szigeteket, a Húsvét-szigeteket, valamint Új-Zélandot; magukkal vitték kultúrájukat és ehető növényeiket.

Lehet, hogy — ahogyan Ciolkovszkij hitte — a miénkhez hasonló, tarka növény- és állatvilággal benépesített bioszférák sok más bolygón is kialakultak. Úgy tűnik, hogy a bioszféránk létrejöttében szerepet játszó folyamatok bizonyos szigorú feltételek teljesülése mellett természetes velejárói a bolygók fejlődésének. Ennek ellenére sokkal kevesebb ilyen bolygó létezhet, mint ahogyan azt korábban elképzeltük, és technikai intelligenciával rendelkező lények is csak ritkán alakulnak ki. A Földön több millió állatfaj fejlődött ki, mégis csak egyetlenegy fejlődésvonal vezetett a technikai intelligenciához, s ez is csak négymilliárd év múltán. Így ha egy galaxisban nagy a civilizációk száma, akkor az minden bizonnyal a csillagközi utazásnak és a gyarmatosításnak köszönhető, és nem valószínű, hogy minden Föld típusú bolygó bioszférája külön-külön létrehozta volna a maga saját, technikai civilizációt teremtő élőlényeit. Az ETI-k előfordulási gyakoriságának becslésekor feltétlenül figyelembe kell tehát vennünk ezt a tényezőt.

Minivilágok az űrben

Felvetettük már annak a lehetőségét, hogy a civilizációk képesek lehetnek arra, hogy saját, tervszerűen megválasztott környezettel rendelkező miniatűr világokat építsenek a csillagközi utazás céljára. Így elképzelhető olyan bolygórendszerek gyarmatosítása is, amelyekben nemhogy a technikai civilizáció, de még az élet legegyszerűbb formája sem fejlődhetne ki soha. Egy ilyen civilizáció potenciális élettartama hosszabb, mint az anyabolygón maradó civilizációé. Nehéz elképzelni, hogyan pusztulhatna ki egy olyan civilizáció, amely más bolygórendszereket is gyarmatosított. A jelek szerint a halhatatlanság kulcsa a csillagközi utazás technikája. A civilizációk és lakóik fejlődnek tovább, de így csökkenthető az egyetlen bolygót benépesítő fejlett élőlények létét fenyegető veszélyek. Már most látjuk, milyen bölcs dolog, ha néhány tojást más kosárba teszünk, azaz közeli űrgyarmatokat hozunk létre, amelyek sértetlenül megúsznának egy esetleges nukleáris holokausztot. Egyértelmű a képlet: minél tovább tartjuk valamennyi tojást a Földön, annál nagyobb veszély fenyegeti fajunk jövőjét. Kevés vigaszt nyújt annak a tudata, hogy ha egy súlyos katasztrófa végez velünk, akkor esetleg megmaradhatnak Földünkön egyes, a sugárzásnak ellenálló baktériumok, és a Nap kihunyása előtt lesz még idő egy másik magasrendű civilizáció kialakulására.

De a fejlett űrtechnika nem pusztán biztosíték — talán az egyetlen megmaradt biztosíték — az emberiség számára. Úgy tűnik, saját technikai fejlődésünk és sokasodásunk hozzá van kötve az űrgyarmatok létesítésének szükségszerű lépéséhez. E fejlemény hiányában a csökkenő erőforrások és a lakosság növekedésével túlterheltté vált területek miatt vívott háborúk civilizációnk végét jelentenék. Az utóbbi években oly nagy publicitást kapott „korlátozott növekedés” politikája elodázhatja az elkerülhetetlen katasztrófát, de nem jelenthet hosszú távú megoldást, mivel szöges ellentétben áll fajunk alaptermészetével. A terjeszkedés ősi vágya génjeinkbe van betáplálva. Ez biztosította túlélésünket és dominanciánkat kiaknázható javakban bővelkedő világunkban; most nem fordíthatjuk meg ezt a tendenciát. Bármily költséges is lesz az első űrkolónia létrehozása, bizonyára élni fogunk ezzel a lehetőséggel — hacsak nem keresztezi technikai fejlődésünk útját egy atomháború. A világűr közeli részeinek nemzetközi vállalkozás keretében történő gyarmatosítása (amelyben az Egyesült Államok, a Szovjetunió, Európa és Ázsia szakemberei egyaránt részt vennének) olcsóbb lenne és ésszerűbb technikai alternatívát jelentene a fegyverkezési versennyel szemben. Ezt gazdaságilag az a tény igazolná, hogy segít növekvő energiagondjaink enyhítésében, anélkül, hogy fenyegetést jelentene Földünk élővilágára.

Ha — amint azt gyakran elképzeltük már — gyarmatosítanánk a Holdat és a Marsot, csak kétszeresére nőne az emberiség élettere. De ha leásnánk a Hold mélyébe és az aszteroidákat (kisbolygókat) is felhasznál-

nálnánk űrgyarmatok létesítésére, akkor 3000-szer nagyobb terület állna a rendelkezésünkre. A Hold és a Mars különben sem a legalkalmasabbak gyarmat létesítésére. Egy holdéjszaka 14 földi napig eltart, és a kis gravitáció — akárcsak a Mars esetében — sok nehézséget gördítene a tartós gyarmatosítás útjába. Hogy csak egyet említsünk: az ott született és nevelkedett gyerekek a kismértékű gravitáció miatt valószínűleg abnormálisan magasra nőnének.

A *BBC Radio Times* című lapjának 1980. szeptember 9-i számában *A nagyszabású kísérlet* cím alatt a következőket olvastam: „Ez a legabszurdabb terv, amely valaha is megfogant az emberiség agyában.” A fenti sorok néhai írója a múlt század elején élt, és a brit vasúthálózat megépítésének tervét kritizálta. Néhány mai kritikus hasonlóképpen kárhoztatja az űrkolóniák létesítésének gondolatát.

Az űrgyarmatosítás — Gerard O'Neill professzor szívesebben használja „a világűr humanizálása” kifejezést — első lépéseinek részletes tervét már több mint egy évtizede dédelgetik. Az első gyarmat értelemszerűen azokból az űrállomásokból nőne ki, amelyeket a Szovjetunió és az Egyesült Államok épít majd meg az űrben. Tartottak már az űrgyarmatok létesítésének technikai kérdéseivel foglalkozó konferenciákat is, ezeknek legtöbbször a Princeton Egyetem, a tudományos ülészakoknak pedig a NASA Ames Kutatóközpontja adott otthont. A NASA támogatja a műszaki részletek kidolgozását, és a repülőgépek és űrjárművek gyártói is részt vesznek a munkában.

Az űrkolóniák létrehozását szorgalmazók azzal érvelnek, hogy az első gyarmat megépítésének költségei hamar megtérülnek, mivel lakóik napenergia-műholdakat építhetnek és üzemeltethetnek az űrben. A napenergia-műholdak nagyméretű, súlyos létesítmények, és igen drága lenne a Földről felbocsátani azokat, pedig egyetlen ilyen berendezés 10 000 megawatt energiát szolgáltatathatna, s ezzel fedezhetné egy nagyváros szükségleteit. A műhold pályáján négyszer intenzívebb a napsugárzás, mint a Föld legnaposabb vidékén. Ezt a nap 24 órájában rendelkezésre álló, veszteségmentes sugárzási energiát mikrohullámok útján juttatnák el a Földre.

Egyesek talán azt gondolják, hogy mire létrejöhet az első, napenergia-műholdak üzembe állítására alkalmas űrkolónia, addigra a szabályozott magfúziós technika korlátlan mennyiségű energiával lát el minket. Ez azonban nem biztos. A magfúziós technika feltehetőleg sokkal hosszabb távú fejlesztést igényel, mint ahogyan azt kezdetben gondoltuk, a témával foglalkozó kutatók sem tudják megjósolni várható időtartamát. Becsléseikben jó néhány évtizedet emlegetnek, de a módszer — óriási pénzüsszegek felemésztése után — még mindig csak korai kísérleti fázisában van. De még ha végül sikerülne is korlátlan mennyiségű energiát termelni a magfúzióból, akkor sem használhatnánk azt fel a Földön az életszínvonal általános emelésére. A számítások szerint ugyanis mielőtt

még a többletenergia lehetővé tenné a harmadik világ népei számára, hogy felzárkózhassanak a fejlett ipari országok mellé, átlépnénk a Föld hőhatárát. Ez az az érték, amelyen túl a Földön több hő termelődik, mint amennyit bolygónk ki tud sugározni a világűrbe.

Ipar az űrben

A számítások eredményei arra utalnak, hogy a nukleáris magfúzióból származó többletenergiát csak néhány emberöltőn keresztül használhatnánk. Ezután a Föld nem tudná már elnyelni a légkörébe került hőbbletletet. Ezt követően bolygónk átlaghőmérséklete fokozatosan emelkedne, míg végül bekövetkezik az elkerülhetetlen katasztrófa. Azzal nem is számoltunk, hogy a termeléshez szükséges nyersanyagforrások is kimerülhetnek, és a bioszféra sem bírná ki az óhatatlanul megnövekedő ipari szennyeződést, így nem is biztos, hogy lesz időnk elérni a hőhatárt.

Úgy látszik tehát, hogy az emberiség csakis úgy növelheti globálisan anyagi színvonalát, ha az ipart és a többi energiaigényes tevékenységet kihelyezi a világűrbe. A technikai fejlődés és az életszínvonal korlátozásán kívül nem kínálkozik más alternatíva. Ezzel a problémával előbb-utóbb minden növekvő technikai civilizációnak szembe kell néznie.

O'Neill kihangsúlyozta, hogy fúziós technikánk korántsem olyan fejlett, mint az űrkolóniák és a napenergia-műholdak építésére használható technikai szintünk. Ha megpróbálnánk jelenlegi nukleáris technikánk (a maghasadáson alapuló technika) hasznosításával kielégíteni energiaigényünket, akkor a megtermelt radioaktív hulladék megsemmisítése hamarosan megoldhatatlan problémát jelentene. A megnövekedett plutóniumtermelés ráadásul egyre több nemzetet juttatna hidrogénbomba birtokába, és valószínűleg kezdetét venné a nukleáris terrorizmus. O'Neill szerint a zsaroló terroristák esetleg egész államokat követelhetnének maguknak váltságdíjként. Az atomháborúba bocsátkozó nemzetekkel ellentétben maguk a terroristák megmenekülhetnének saját bombáik pusztító hatásától.

Ezzel szemben az űrgyarmatok korlátlan mennyiségű energiával rendelkeznének, és a műszaki fejlődés, valamint az ipar korlátlan távlatai nyílnának meg. Nem kötné őket a hőhatár, mert bármennyi többlethőt kisugározhatnának az űrbe. Nemcsak a napenergia-műholdakat, hanem más űrjárműveket is építhetnének és útnak indíthatnának. Így kevesebbe kerülne a Naprendszer felfedezése, mivel nem kellene előteremteni az űrhajók földi indításához szükséges költségeket, ugyanis egy ilyen járműnek már a Földről való szökési sebességének eléréséhez is rengeteg üzemanyagra lenne szüksége.

Itt, a Földön egyfajta „gravitációs gödörben” élünk; ki kell másznunk belőle, ha el akarunk utazni. Egyetlen asztronauta vagy utas Föld körüli

pályára emeléséhez akkkora energia szükséges, amekkora ahhoz kell, hogy egy ember kimásson egy 6400 km mély gödörből. Az űrgyarmatok létrehozása kiszabadítana minket a gravitációs gödörből, és akkora jelentősége lenne az emberiség számára, mint az, amikor az élőlények hárommilliárd évi tengeri és folyami lét után gyarmatosították a szárazföldet. Ez a fejlemény minden sikeres, technikai civilizációt teremtő faj életében bekövetkezik; ezért tárgyaljuk most itt ezt a kérdést.

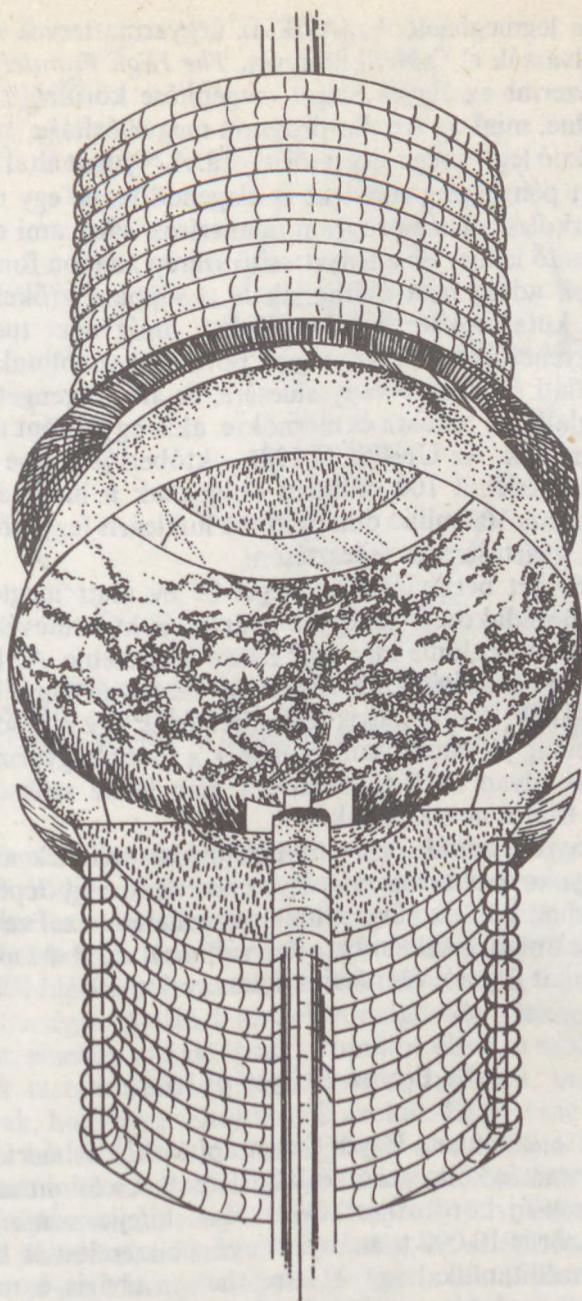
Nem új gondolat az űrkolóniák létesítése. Már több, mint 50 évvel ezelőtt fontolgatta néhány merész képzelőerővel megáldott ember; akkoriban mindez még pusztán képzelődésnek számított, és valóban nem volt sok realitása azokban az időkben. O'Neill munkásságának a jelentősége abban áll, hogy kimutatta: nem állnak gazdasági és technikai akadályok az űrgyarmatok megvalósításának útjában, és az elkövetkező néhány évtizedben jelenlegi technikánkkal is megvalósíthatjuk azt, ami 50 évvel ezelőtt csak álom volt.

Az első gyarmat

O'Neill először fizikus hallgatóival vitatta meg a problémát 1969-ben a Princeton Egyetemen. Azt kérdezte tőlük: „Vajon egy bolygó felszíne megfelelő hely egy terjeszkedő technikai civilizáció számára?” A válasz a leghatározottabb *nem* volt. Azóta sok tehetséges ember tette fel magának ugyanezt a kérdést, és mindannyian ugyanerre a következtetésre jutottak.

O'Neill és társai úgy gondolják, hogy az első gyarmatot, az Egyes Szigetet néhány évtizeden belül meg lehetne alapítani. Az ember Holdra lépését ezzel összehasonlítható vállalkozásnak tekintik, mivel azt is könnyebb volt megvalósítani, mint ahogyan azt a legtöbb tudós és mérnök az 1960-as évek előtt elképzelte. Ugyanígy azok a kutatások és fejlesztések, amelyek az első űrkolónia, az Egyes Sziget létrehozásához vezethetnek, a vállalkozás ellenzőinek érvelésével szemben nem haladják meg jelenlegi képességeinket. Nincs szükség semmiféle gyökeresen új tudományra. Ha sikerül úrrá lennünk a műszaki nehézségeken — állítják az optimisták —, akkor a 10 000 lakót befogadó Egyes Sziget megépítése nem lesz kivitelezhetetlenebb feladat, mint annak idején az 1969-es hold-raszállás.

Az Egyes Sziget tervei közül O'Neill-nek a Bernal-gömb néven ismert szerkezet nyerte el a leginkább a tetszését. Ez a 480 m átmérőjű gömb percenként kétszer körbefordulna, így egyenlítőjén 1 g-s gravitáció lépne fel; a sarkok felé haladva a gravitáció csökkenne, és a sarkokon súlytalanok lennének. Itt lehetne bejutni a kolónia belsejébe; ekkor valamiféle „kifordított Föld” képe tárulna elénk: a gyarmatlakók a gömb belső felületén élnének. Vannak, akik inkább tórusz (kerékbelső alakú idom) alakúra szeretnék kiképezni az Egyes Szigetet; mások szerint a henger-



22. ábra. Az Egyes Sziget tervének metszete

A gömb alakú test percenként kétszer körbefordulna, s így 1 g-s maximális gravitációt biztosítana területén. A tengelyben lévő henger légi átjáró; ez a folyosó az űrjárművek fogadására és nulla gravitációban végzendő ipari tevékenység céljára szolgál. A gömb fölötti és alatti sokkerekes geometriájú teret mezőgazdasági célokra hasznosítanák.

forma lenne a legmegfelelőbb. (Aki az űrgyarmattervek részleteire is kíváncsiak, olvassák el O'Neill könyvét, *The High Frontier* címmel.)

Becslések szerint az Egyes Sziget megépítése körülbelül háromszor annyiba kerülne, mint az Apollo-program megvalósítása, amelynek keretében öt űrhajó legénysége lépett a Holdra. A Nyugat által a fegyverkezésre fordított pénzösszeg töredéke is elegendő lenne egy nagyszabású nemzetközi űrkolonizációs program finanszírozására, ami egyben megfelelő helyettesítő lenne. Ez a helyettesítő szerep nagyon fontos, mert az egyes országok addig nem állíthatják le a roppant erőket felemésztő fegyverkezési kutatásokat és fejlesztéseket, amíg nem tudják azokat valamilyen egyenértékű tevékenységgel pótolni; gondoljunk csak a személyi és vállalati érdekek érvényesülésére, és arra a rengeteg, fegyvergyártással foglalkozó tudósra és mérnökre, akik egyébként mind munka nélkül maradnának. Az UNESCO 1981. októberi jelentése szerint közvetve vagy közvetlenül 100 millióan dolgoznak a hadiiparban, és az emberiség naponta 100 millió dollárt költ a nukleáris fegyverek és hordozórendszereik gyártására és fejlesztésére.

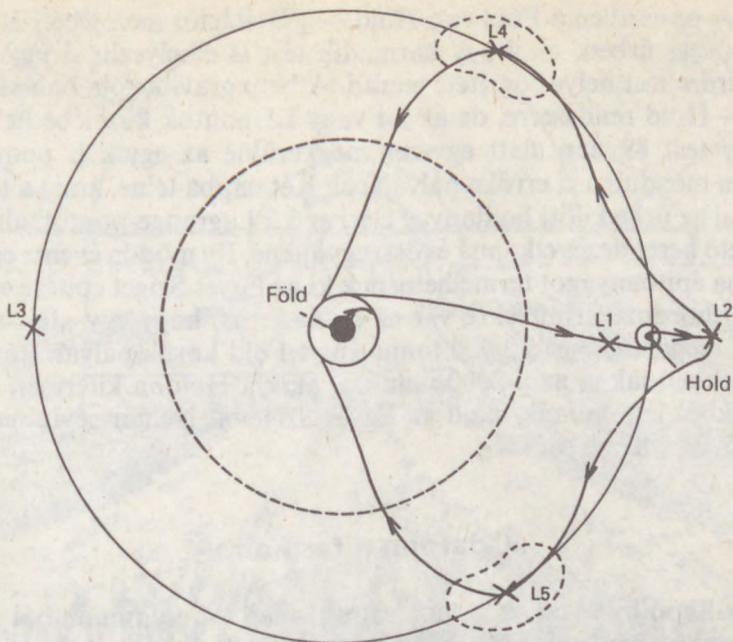
Az Egyes Sziget beruházási költségei 25 év alatt megtérülnének a napenergia-műholdakon és az egyéb gyártó- és kutatótevékenységeken keresztül. Ezután a kolónia már csak hasznot termelne. Az Egyes Sziget a maga 10 000 munkásával kiindulópontja lehetne a világűr közeli régiói gyarmatosításának. A munkások felépíthetnék egy második kolóniát, attól kezdve pedig folyamatosan épülnének a további gyarmatok; ehhez már semmiféle olyan földi támogatásra nem lenne szükség, amiért a gyarmatosok fizetni ne tudnának.

Ahogy az asztronauták egyre több állomást építenek a világűrben, egyre több gyakorlati tapasztalatot szereznek, és így lépésről lépésre közelebb kerülünk az első űrgyarmat megszületéséhez. Ezek a kolóniák az űrben élő és dolgozó sok embernek nyújtanak majd otthont, ők pedig olyan feladatokat fognak végrehajtani, amelyekre a Föld felszínén nincs mód.

Az Egyes Sziget építése

O'Neill becslése szerint az Egyes Sziget építésekor felmerülő kiadások 60%-át a felbocsátás költségei alkotják. Ha ezeket a minimumra akarjuk szorítani, akkor új hordozójárműveket kell kifejlesztenünk. A Sziget építőinek először is 10 000 tonnányi bányászfelszerelést és 150 munkást kell a Holdra szállítaniuk, hogy ott létrejöhessen a bázis, és megindulhasson az építőanyagok kitermelése. Az Apollo űrhajók útjai óta tudjuk, hogy a Hold alumíniumban, titánban, vasban és magnéziumban gazdag, s a holdközetek belsejében nagy mennyiségű oxigén is található. A Hold súlyának 40%-át az oxigén, 25%-át a fémek teszik ki.

A bányászfelszerelések között annak az újonnan kifejlesztett tömegha-



23. ábra. A Föld—Hold gravitációs rendszer öt Lagrange-pontja

Az L4 és az L5 stabil pályákat biztosít. A belső kör a geoszinkron pálya, a külső a Hold pályája. A szaggatott vonallal jelzett kör tekinthető a jövő űrkolóniái alkalmas pályájának.

jító berendezésnek is ott a helye, amely a leírások szerint egy elektromágneses katapult módjára működik majd. Ugyanazon az elven alapul, mint az elektromágneses úton lebegtetett vonat, és már be is mutatták az első működő modelleket. A hajtóberendezés a Holdon rövid idő alatt felgyorsítaná a kibányászott ércet tartalmazó csilléket a 2,4 km/másodperces szökési sebességre. A csillék az elektromágnesesen lebegtetett vonat-hoz hasonlóan síneken mozognának, s amikor elérik a szökési sebességet, kihajítják tartalmukat az űrbe, alacsony pályára, majd a csillék visszafordulnak, hogy újra feltölthessék azokat. Ezzel a módszerrel másodpercenként két csillére való érc hagyhatja el a Holdat.

Az anyagnak a Holdról történő kilövése csak huszadrészét igényli annak az energiának, amennyire egy hasonló művelethez a Földön szükség lenne. Ráadásul a Hold esetében elég, ha az építőanyagot valamelyik Lagrange-pont irányába lövik ki (lásd a 23. ábrát). Az öt pont közül három a Hold pályáján helyezkedik el, egy-egy pedig a Hold két oldalán található, a Földdel egy vonalban.

Ezeket a pontokat az itáliai születésű francia matematikusról és fizikusról, Joseph Louis Lagrange-ról (1736—1813) nevezték el, akit nemzedéke legjobb matematikusának tartanak. Lagrange kimutatta, hogy két

égitest — ez esetben a Föld és a Hold — gravitációs mezejében öt olyan pont van az űrben, ahol egy harmadik test is elhelyezhető úgy, hogy mindhárom test helye rögzített marad. A Nap gravitációja hatással van a Föld—Hold rendszerre, de az L4 vagy L5 pontok közelébe helyezett bármely test 89 nap alatt egyszer megkerülné az egyik L pontot, és sohasem mozdulna el erről a pályájáról. Két napba telne, amíg a tömeghajtóval az űrbe kilőtt holdanyag eléri az L2 Lagrange-pontot, ahol egy megfelelő berendezés elkapná és összegyűjtené. Ily módon évente egymillió tonna építőanyagot termelhetnének ki az Egyes Sziget építése céljára.

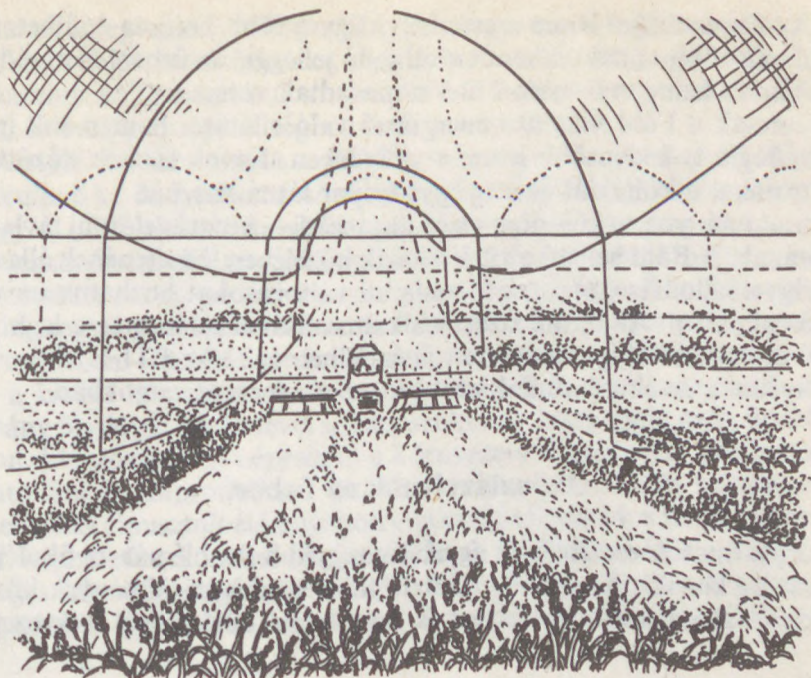
Az új hordozójárművekre vár az a feladat is, hogy egy „felvonulási épület” megépítéséhez 10 000 tonna súlyt Föld körüli pályára juttassanak; ezekben lakna az a 2000 munkás, akik a Holdon kitermelt nyersanyagokból létrehozzák majd az Egyes Szigetet. Néhány évig naponta egy kilövésre lenne szükség.

Odafönn a farmon

A Bernal-gömb — ha ez a terv valósul meg — alumíniumból készül majd; burka az egyenlítőnél 18 cm vastag, a sarkok felé haladva fokozatosan vékonyodik, a sarkoknál csupán 5 cm. A terv szerint tízmillió tonna holdtalajt — a fémek kivonása utáni maradékot — használják fel a gömb kibéleléséhez. A gömb sarkainál ablakok vannak, felettük kerek tükrökkel, amelyek napfényrel látják el a kolóniát. A tükrök helyzetének állításával változtatható az éghajlat. A lakosság és az ipar energiaszükségletét teljes egészében napenergia fedezi. A biztonság kedvéért az ipari tevékenységet a gyarmattól elkülönített, a világűrbe telepített üzemegységekben végzik. A mezőgazdasági területeket is gondosan elkülönítik egyes egységekbe, így ha a termés valamely kártevő vagy betegség áldozatául esne, a kár sújtotta területet teljesen elszigetelhetik. O'Neill és munkatársai kiszámították, hogy 40 hektár termőterület körülbelül 10 ezer lakó élelmezését oldaná meg az Egyes Szigeten. A mezőgazdasági területnek nagyjából egyenlő nagyságúnak kell lennie a lakóterülettel. Ne felejtsük el, hogy lehetőség nyílik az éghajlat szabályozására, így folyamatos lesz a növénytermesztés, és évente négyszer kerülhetne sor a betakarításra. A műtrágya és a gyártásához szükséges energia korlátlanul rendelkezésre állna.

A tervek szerint a légköri nyomás azonos oxigénmennyiséggel a földi érték fele lenne, mégpedig azért, mert a Föld atmoszférájának 80%-át alkotó nitrogént nehezen tudnák előteremteni: kevés van belőle a Hold felszínén. Oxigén viszont van bőven, mivel a gyarmat építésének gyártásfolyamatai nyomán folyamatosan termelődik.

Az Egyes Szigetet olyan körpályára telepítenék a Föld körül, amely közelebb van a Holdhoz, nehogy a Föld közelsége miatt a napfogyatko-



24. ábra. Az Egyes Szigeten több kerék-geometriájú felületen folyó mezőgazdasági tevékenység

zások időről időre elvágják az energiautánpótlást, sem pedig a Van Allen sugárzási övet ne közelítse meg túlságosan. De akármerre állomásoznának is a kolóniák a Naprendszerben, mindenhol rendelkezésükre áll a szükséges napenergia, hogy ki lehessen alakítani rajtuk a földihez hasonló környezetet. O'Neill szerint akár a legtávolabbi Plútó bolygó pályáján is elhelyezhetnénk ilyen űrgyarmatot.

Két évvel az Egyes Sziget munkálatainak befejezése után a gyarmatlakók megkezdhetnék az első napenergia-műhold építését. A következő néhány évben főleg ezen dolgoznának: megépítik, pályára helyezik, karbantartják a műholdat. O'Neill számításai szerint a Sziget hét éven belül eljutna odáig, hogy fedezni tudja az Egyesült Államok megnövekedett villamosenergia-szükségletét, az azt követő 20 éven belül pedig megtérülne a befektetés.

A „starthely”

Attól kezdve, hogy az Egyes Sziget lakói visszafizették a beruházási költségeket, már tiszta nyereséget termelnek. Az űrgyarmatosítás rövid időn belül önfenntartó, sőt önmagát továbbfejlesztő tevékenységgé vál-

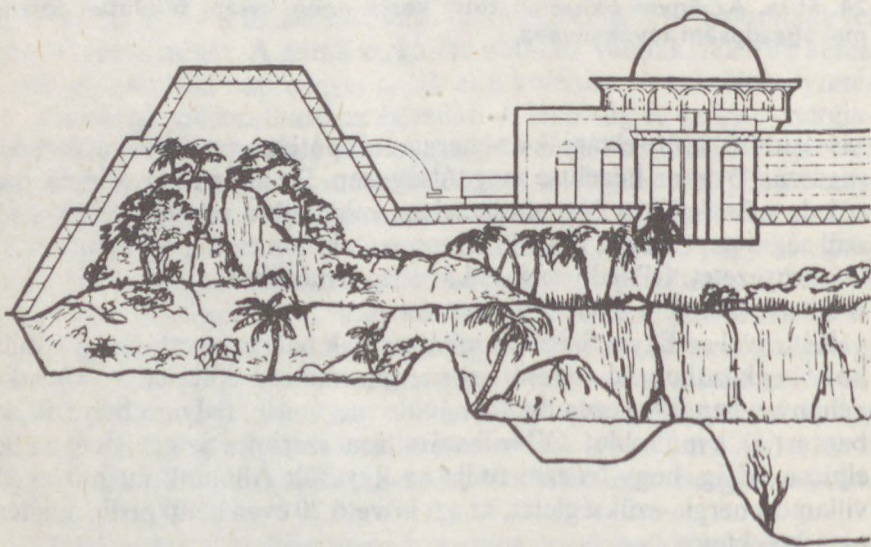
na. Az Egyes Sziget lenne a starthely. Egyre több kolónia épülhetne, s végül már több millió ember élne állandó jelleggel az űrben; életmódjuk érdekesebb lenne, mintha a Földön maradtak volna.

Nemcsak a Föld villamos energiával való ellátása, hanem sok ipari technológia is kedvezőbb lenne a világűrben. Ennek többek között az elektronika, a kohászat és a gyógyszeripar látná hasznát.

A tudományos — különösen a csillagászati — kutatás előtt új távlatok nyílnának. A Föld helyett az űrkolóniák közelében létesítenének állandó megfigyelőállomásokat, s ez forradalmi változásokat hozhatna univerzumképünkben. Az új módszerek alkalmazásával talán még a legközelebbi csillagok bolygórendszereit is észlelhetnénk. Az ETI-k jelzéseit is könnyebben detektálhatnánk ezekben az obszervatóriumokban.

Ökoszisztémák az űrben

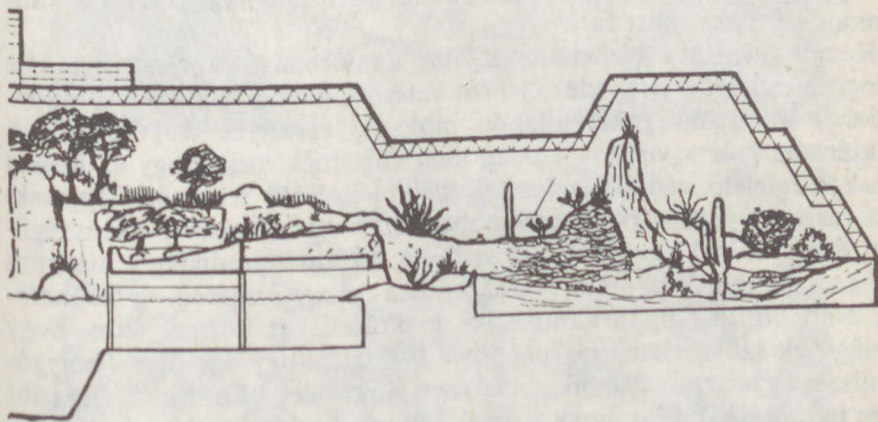
Az űrgyarmatok esetében az egyik legnagyobb problémát az ökológiai egyensúly kialakítása jelentheti. A Földön rendes körülmények között minden apró lakóköznyezetben is számtalan különböző szervezet él



25. ábra. Ha az emberi lények be akarják népesíteni a Holdat és a Marsot, vagy űrkolóniák alapítását tervezik, akkor előbb tanulmányozniuk kell az állandó, önfenntartó ökoszisztémák létrehozásának módját. Ezt kezdetben egyetlen helyen, itt a Földön tehetik meg. Az arizonai sivatagban egy magáncég zárt ökoszisztémák építésével és kikísérletezésével foglalkozik. A képen látható „Bioszféra 2”-t nyolc ember számára tervezték, hogy két évig lakjanak ebben a zárt rendszerben.

dinamikus egyensúlyi állapotban. Az űrgyarmatok ökoszisztémái nagyobb problémát jelenthetnek majd, mint a műszaki problémák. Létrehozataluk és fenntartásuk nyilvánvalóan sokkal bonyolultabb feladat lesz, és évekig elszigeteltségben kellene vegetálniuk.

A stabil ökoszisztémák a Földön sokszor csak igen hosszú idő alatt alakulnak ki, és eközben a növény- és állatvilág több jelentős változáson megy át. A kialakult stabil ökoszisztéma (a környezettan szakemberei „csúcsközösségnek” nevezik) típusa különböző tényezőktől függ, mint a hőmérséklet, a csapadékmennyiség és a talaj jellege. Nincs okunk azt hinni, hogy a gyarmatosítók ne tudnák befolyásolni ezeket a tényezőket, így — elvben — tetszés szerint bármilyen ökoszisztémát létrehozhatnak. De a kívánt helyzet elérése hosszú időbe telhet, és elképzelhető, hogy néhány ökológus kivételével sokáig senki sem lakik majd az új űrkolóniákon. Először be kell népesíteni a környezetet a megfelelő növényekkel, állatokkal és szaprofitákkal (utóbbiak olyan gombák és baktériumok, amelyek az elpusztult élő anyagok eltakarítását végzik a természetben, és nélkülözhetetlenek az élet körforgásában). Ezeknek az élőlényeknek még a teljes lakosság megérkezése előtt stabil ökoszisztémát kell alkotniuk. Legalábbis így kellene kialakítani a természetes ökoszisztémát, mert



A zárt ökorendszerek kutatása egyre nagyobb fontosságra tesz szert. Talán kiderül, hogy nehezebb az állandó, zárt ökoszisztémák fenntartása, mint a szomszédos világokban az otthon teremtéséhez és a világűr gyarmatosításához nélkülözhetetlen űrtechnika kifejlesztése. A Föld ökorendszere igen stabil, de ugyanennyire bonyolult is. Azt pedig már tudjuk, hogy minél összetettebb egy ökoszisztéma, annál stabilabb.

máskülönben sok-sok kertészre és szabályozó rendszerre lenne szükség a stabil környezet fenntartásához. Az elképzelések szerint az egész gyarmat egy hatalmas kert, amelyet folyamatosan rendben kell tartani. És mivel a tervezett legnagyobb kolónia, a Hármás Sziget lakott területe már 1295 km² lenne, ez meglehetősen nagy munkát igényelne.

Akik amellet érvelnek, hogy az emberiség folyamatos terjeszkedésének problémájára az űrgyarmatok létesítése az egyetlen megoldás, arra alapozzák a véleményüket, hogy fajunk terjeszkedésre született és nevelkedett. Ugyanakkor szükségünk van arra, hogy legalábbis a technika egyes területein megszabaduljunk a visszahúzó tényezőktől. Ha civilizációnk továbbra is a Földhöz lesz kötve, akkor hamarosan szigorú korlátok közé kell szorítanunk a technikai fejlődést. Az űrtechnika ugyanazt jelenti a számunkra, amit a tengereken átkelő, új földeket felfedező és gyarmatosító őseink számára az új hajóépítési módszerek jelentettek. Ha nem lépünk ki az űrbe, akkor fajunk örökre ittragad ebben a szűk, térben és időben zárt rendszerben, elszigetelten fejlődik addig, míg előbb vagy utóbb kipusztul. Míg az egyén számára egyértelműen a Föld biztosítja a kényelmes jövőt, az egész emberiség biztos jövője érdekében le kellene mondanunk komfortos otthonunkról. Valószínűleg így tehetek azok a technikai civilizációk is, amelyek esetleg előttünk éltek a Galaxisban.

Egyes űrkutatók lelki szemeikkel már látják a jövőt, amikor több ember él majd az űrgyarmatokon, mint a Földön. Szerintük jelenlegi, egyre súlyosbodó problémáinkra ez az egyetlen reális megoldás. Ha valóban így van, akkor ebből az következik, hogy az idő és a tér más és más pontjain a többi, hasonló gondokkal küzdő intelligens faj is ugyanerre a megoldásra jött rá.

Két magyarázata is lehet annak, hogy a múltban a Naprendszerünkbe látogató csillagközi felfedezők nem vetették meg a lábukat a Földön. Először is biztonságukat állandó biológiai veszélyek fenyegetnék. A baktériumok és a vírusok esetleg nem engednék meg, hogy az idegen fajok megfelelő védőberendezések nélkül a Föld felszínére lépjenek. Másrészt az űrben sokkal sikeresebben folytathatják ipari tevékenységüket. Ezért az ETI látogatók valószínűleg otthon maradnak — mármint abban a gyarmatban, amelyben átkeltek a csillagközi téren —, feltehetőleg Nap körüli pályán vannak, és új kolóniákat hoznak létre, hogy kielégítsék szükségleteiket, míg továbbállnak, hogy egy olyan bolygórendszer gyarmatosítsanak, amelyben nincs élet. (Én személy szerint nem tudom elképzelni, hogy a rendkívül intelligens lények — bármilyen kényelmesen is — saját maguk keljenek át a sötéten tátongó csillagközi téren. Úgy érzem, és ennek a véleményemnek már korábban is hangot adtam, hogy ezeket az utakat csakis intelligens számítógépek tehetik meg.)

A jövőbeli emberi nemzedékek mindenesetre addig folytathatják űrkolóniák építését a Naprendszerben, míg azok száma több ezerre emel-



26. ábra. A Hármas Sziget, a legnagyobb megépíthető űrkolónia-típus belseje

Az űrben fellelhető anyagok szilárdsága határt szab a méreteknak. Gerard O'Neill szerint a Hármas Sziget henger alakú lenne, „átmérője 6,4, hossza 32 km, a teljes földterület pedig 1295 km²; több millió ember lakhelyeül szolgálhatna”.

kedik. Becslések szerint technikai fejlődésünk így további 5000 éven keresztül töretlenül folytatódhatna, feltéve, hogy a népesség növekedése egy emberöltő alatt nem haladja meg a 15%-ot. Ebben az esetben 5000 év múlva az emberiség lélekszáma 20 000-szerese lesz a jelenleginek.

Egyetemes jelenség

Egy olyan vívmányra, amely egyszerre jelent megoldást a világ energia-
válságára, élelmiszerhiányára, a környezetszennyezés és a túlnépesedés
problémáira, sőt még egy mindent elpusztító háború valószínűségét is
csökkenti, nyilvánvalóan mindenhol szükségük van a technikai civilizá-
cióknak. Ugyanakkor ezeknek a lényeknek érezniük kell az ismeretlen
megismerésének csábítását is.

Akkor tehát világjelenség lenne a fejlett űrtechnika? Ez valószínűnek
látszik. Még ha a lakható bolygók technikai intelligenciájának a fejlettsé-
ge csak ezredrésze is annak, amit újabban valószínűnek tartunk, akkor
is régen megkezdődött már a világűr gyarmatosítása. A fénysebességhez
képest lassú, kis űrjárművek használata a csillagközi közlekedést már
lehetővé teszi. Ha fejlett mesterséges intelligenciával rendelkező, a bio-
technika alkalmazására (például a gének szintetizálására) képes mecha-
nizmusokat visznek az űrhajók, akkor igen valószínű, hogy gyarmatosí-
tottak már idegen világokat.

Ha kevés a Földünkhöz hasonló, az életnek otthont adó bolygó, akkor
biztosan nagy irántuk az érdeklődés. Így nem lehetetlen, hogy az emberi
faj fennállása óta legalább egyszer járt már más csillagok környékéről
érkezett űrhajó a Naprendszerben. Ha ez megtörtént, akkor itt is marad-
hatott, hogy megfigyelés alatt tartson minket, vagy esetleg egy robotállo-
mást bízott meg ezzel a feladattal. Egy másik intelligens faj számára az
ember fejlődése, különösen az elmúlt 5000 év történelme, sokkal érdeke-
sebb tanulmány lehet, mint például a dinoszauruszok fejlődésének 100
millió éve.

Lehet, hogy — ahogyan korábban is jeleztem — a repülőcsészalj-
jelenség mögött csak pszichológiai tényezők állnak. De ha gátlásoktól
mentesen gondolkodnánk el egy kicsit, nem lenne nehéz magyarázatot
találnunk a sok csészalj megjelenésére; csak arra lenne szükség, hogy
valaki egyértelmű fizikai bizonyítékot találjon.

Mondhatnánk azt is, hogy az emberek mindig ugyanazokat a csészalj-
jakat látják, így az észlelések száma önmagában még nem cáfolja meg
Földön kívüli eredetüket. A kritikusok azzal érvelnek, hogy ha egyszerre
ilyen sok űrjármű van itt, akkor a Galaxis tele van csészaljakkal, ennyi
jármű megépítéséhez viszont nincs is elegendő alapanyag. Ha sikerülne
valamilyen elfogadható fizikai magyarázatot találnunk a repülőcsészalj-
jelenségre, akkor ez arra utalna, hogy az ETI-k már gyarmatosították

Galaxisunkat, és jelen vannak a Naprendszerben vagy annak közvetlen közelében is. Ellenkező esetben nem valószínű, hogy ETI-űrhajók tartózkodnak itt éppen a mi korunkban.

Galaktikus gyarmatosítás

Vizsgáljuk most meg, mennyi időre lenne szükség egy, a miénkhez hasonló, több mint 100 milliárd csillagból álló galaxis gyarmatosításához, ha ez a bolygók benépesítése vagy a csillagok körüli űrtörmelék feldolgozása útján történne. Sir Fred Hoyle és Chandra Wickramasinghe professzor 1978-ban megjelent *Lifecloud* (Életfelhő) című könyvükben kétmillió éves időtartamot határoznak meg. Számításaik során azt feltételezték, hogy a gyarmatosítható bolygók egymástól 50 fényév távolságban vannak, a gyarmatosítók által elérhető legnagyobb sebesség pedig a fénysebesség egytizede. Így a gyarmatosításra kiszemelt bolygókat átlagosan 500 éves űrutazás után érnék el. Hoyle és Wickramasinghe újabb 500 évben állapítják meg azt az időt, mialatt a gyarmatosítók helyzete konszolidálódik két bolygófogalás között. Így 100 000 fényév átmérőjű Galaxisunk gyarmatosítása kétmillió évet venne igénybe.

Érdekes, hogy eddig csakis a kolonizálható bolygók — az úgynevezett lakható bolygók — viszonylatában tudtunk a tárgyra gondolni. Ma már — O'Neill-nek hála — látjuk, hogy a gyarmatosításhoz egyáltalában nem kellene a Földünkhöz hasonló bolygók. Nincs szükség arra, hogy 500 évet utazzunk a világűrben a legközelebbi lakható bolygóig. Elegendő megtennünk a legközelebbi stabil csillagig vezető néhány fényévnnyi utat, ha az illető csillag körül kering olyan törmelék, amelyből űrgyarmatokat építhetünk. A lakható bolygók — még ha meg is találjuk azokat — olyan bioszférával rendelkezhetnek, amely veszélyt jelent az idegen élőlényekre. Mindenhol akadhatnak a látogatókra nézve halálos mikroorganizmusok, s a nagyobb lények, mint például a Földet 100 milliárd évvel ezelőtt benépesítő nagy, húsevő őshüllők hasonlóképpen elrettenthetik az idegent. Akkor már jobb egy saját igények szerint megépített űrkolónia kényelmes, biztonságos világa.

Eric M. Jones, a Los Alamos Laboratórium munkatársa számítógéppel vizsgálta a galaktikus gyarmatosítás problémakörét. Számos visszatartó tényezőt épített be modelljébe, mint például az alkalmasnak látszó bolygórendszerek automatikus űrszondákkal való előzetes felderítését. A teljes gyarmatosítás azonban még így is csupán 5 millió évet venne igénybe, ez pedig csak elenyésző töredéke az első, technikai civilizációt teremtő lények kifejlődéséhez szükséges időnek. De még akkor is sor kerülhet a gyarmatosításra, ha ezerszer ennyi idő alatt zajlik le a folyamat.

A témáról véleményt nyilvánító szerzők többsége szerint abból, hogy

sem Földünkön, sem a szomszédságában nem telepedtek le idegenek, egyenesen következik, hogy nem is történt gyarmatosítás. Pedig lehet, hogy az idegenek egyszerűen csak a másik megoldást választották, és inkább külön e célra épített űrgyarmatokon vetették meg a lábukat, az erózió pedig hamar eltüntette földi látogatásuk nyomait, bár talán az eróziótól mentes Holdon vagy a Marson lehetnek még erre utaló bizonyítékok. Még sincs reményünk arra, hogy megtaláljuk a bizonyítékokat — ha egyáltalán léteznek —, amíg teljesen fel nem tárjuk ezeket a világokat. Űrkutatásunk mostani kezdeti szakaszában nem várhatjuk el azt sem, hogy rábukkanunk a Naprendszer más részein létesített űrkolóniák nyomára.

Bár saját civilizációnkról és az univerzumról szerzett ismereteink fényében valószínűnek látszik az a feltevés, hogy történt már gyarmatosítás, ez csakis akkor következhetett volna be, ha valahol máshol réges-rég kifejlődött már az élet és a magas intelligencia. A következőkben megvizsgáljuk, létezhet-e a Naprendszeren belül a csillagközi közlekedés legalapvetőbb és legáltalánosabb formája, az űrszondák.

Idegen szondákat keresünk

Furcsa lenne, ha a Naprendszer felfedezése után az emberiség nem kezdene újabb bolygórendszerekben kutatni. A többi csillag bolygóival együtt olyan csodákat ígér, amelyek túlságosan is izgalmasak ahhoz, hogy fel ne keltsék kíváncsiságunkat. Joggal feltételezhetjük, hogy sok űrutazó ETI réges-rég túlhaladta már a mi jelenlegi fejlődési szintünket, mégis tovább kutattak új bolygórendszerek után. Fejlett űrtechnikájukhoz minden bizonnyal hozzátartoznak a mi mai automatizált, ember nélküli bolygóközi szondáink csillagközi távolságok megtételére alkalmas megfelelői. Az Egyesült Államokban, Nagy-Britanniában és a Szovjetunióban terveztek már ilyen járműveket, bár el kell ismernünk, hogy a végleges modell kivitelezéséhez égető szükség lesz a jövő tudományos és technikai vívmányainak alkalmazására. Körülbelül egy évszázad választ el minket a csillagközi szonda megépítésétől.

Most csak azért figyeljük saját fejlődésünket, hogy ebből következtetni tudjunk a többiek eredményeire. Elképzelhető, hogy az elmúlt néhány milliárd év során más rendszerekből érkezett szondák jártak a Naprendszerben. Ha így volt, talán ezek a szondák vagy az általuk hátrahagyott tárgyak az ETI-k nyomára vezethetnek.

Először Ronald N. Bracewell, a Stanford Egyetem villamosmérnöki karának professzora vetette fel 1960-ban, hogy meg kellene próbálkoznunk a csillagközi szondáktól származó rádióadások vételével. Azóta más szerzők is foglalkoztak az ötlettel. Bracewell szerint elképzelhető, hogy egy idegen szonda belép egy bolygórendszerbe, aztán a lakható zónát kiválasztva keringési pályára áll. Ott fogja intelligens jeleinket, például a rádió- és a televízióadásokat, amelyek folyamatosan kikerülnek a világűrbe. Így a szonda megállapítja, hogy technikai civilizáció van a rendszerben, és válaszolni is tudna a jelzésekre.

De a legtöbb szonda nem tudna fogni egy bolygóról származó ilyen közvetítéseket. Vajon ilyenkor mi történik? Bracewell úgy gondolja, hogy ebben az esetben a szonda — akár több millió éven keresztül is — várakozna a pályáján, míg detektálórendszere működésbe léphet a születő civilizáció első rádióadásainak észlelésekor.

Érzésem szerint ekkora türelemmel megáldott szondákat nem építe-

nek, egyszerűen azért, mert a siker esélye rendkívül kicsi. Gondoljuk meg, az élet születésétől számított négy milliárd évig tartott, amíg a Naprendszerben megjelentek az első rádióadások. Rádásul nem tudjuk, meddig tart még ez az időszak, amelynek során rádió- és televízióadásaink kijutnak a világűrbe. Így elképzelhető ugyan, hogy az ETI-k szondákat küldenek ki más bolygórendszerek felderítésére — mi is így teszünk Naprendszerünk világainak tanulmányozásakor —, arra viszont aligha számítanak, hogy rádióadásokat fognak venni.

A mi rádióadásaink — akarva-akaratlanul — már 60 éve kijutnak a világűrbe, ami azt jelenti, hogy az első jelek már 60 fényév távolságra járnak a Naprendszertől. Elképzelhető, hogy az ETI-k detektálják ezeket, és ideküldenek egy szondát. A Föld fényessége természetes rádióhullámokban kifejezve 210 és 290 Kelvin-fok között van. Ez nem túlságosan fényes. De bizonyos méteres hullámhosszakon a Föld egymillió fokkal sugároz. Ezekon a hullámhosszakon még a Nap sugárzásán is tútesz, úgyhogy ezeket a jeleket a mi jelenlegi rádióteleszkópjaink még 10 fényév távolságban is érzékelnék. Ha tartózkodik most ETI szonda a Naprendszer közelében, akkor az bizonyosan megtalál minket. De mennyi ideig fognak még kikerülni az űrbe rádióadásaink?

Feltehetően egészen addig, amíg tovább nem lépünk civilizációnk jelenlegi fokáról. Viszont azoknak a szondáknak, amelyek a földtörténet első, mintegy négy milliárd éve folyamán érkeztek volna ide, s azóta keringenek, meglehetősen hosszú lehetett a várakozás. Olyan minimális az esélye annak, hogy egy szonda értelmes jeleket sugárzó bolygót észlel, hogy az ETI-k bizonyára nem várnak ilyesmit távoli csillagok felé indított szondáiktól, még ha azok több millió éven át működőképesek is maradnak. És vajon mi várhatjuk-e, hogy az ETI-k hagyják idegen bolygórendszerekben tönkremenni szondáikat, arra várva, hogy primitív lakói felébredjenek mély álmukból és feltalálják a rádiót?

Tökéletes űrszondák

Nincs okunk azt hinni, hogy a csillagközi szondák gyártása ne érné el a technikai tökéletesség határát, mint ahogy ez minden más technikával is így van. Egy civilizáció első csillagközi szondája talán olyan lehet, mint a Daedalus-szonda, amelyet a Brit Interplanetáris Társaság tudósai és mérnökei terveztek. A Daedalus arra képes, hogy elrepüljön egy közeli csillaghoz, és egyenesen keresztülrepüljön bolygórendszerén, ha ilyen van neki. Sebességét nem lehet csökkenteni (a fénysebesség egytizedével halad), és manőverezni sem tud, ehhez nem áll rendelkezésére elegendő energia. De a Daedalushoz hasonló primitív szondáktól végül elvezet majd az út a technikai tökély határáig; egy ilyen szondát csak fel kell bocsátani, aztán már önállóan végzi feladatát a csillagmezők között. Az

intelligens szonda magától jár majd csillagról csillagra, és gyűjti az információkat készítői számára.

Már csak a technikai tökéletességük miatt is nehéz elképzelni a csillagközi szondákról, hogy addig maradnak egy-egy bolygórendszerben, amíg végül fémkövélet lesz belőlük. Valószínűbb, hogy ehelyett valamilyen jelzik, hogy ott jártak, s gyakorlatilag elpusztíthatatlan tárgyakat hagynak maguk után keringési pályájukon vagy a Holdon, aztán indulnak tovább küldetésük következő helyszínére, csak előbb még napenergiát gyűjtenek. Egy intelligens szonda tudná: csaknem bizonyos, hogy csillag körüli keringési hibernációja szinte bizonyosan örökké fog tartani, ha a rádiózás feltalálására vár.

Fényképes kutatás

Robert Freitas és Francisco Valdes optikai teleszkópokkal kutattak idegen szondák után. Első alkalommal 1979-ben, a Berkeley-i Kalifornia Egyetem Leuschner Obszervatóriumában próbálkoztak meg a feladattal: a Föld—Hold gravitációs rendszer L4 és L5 Lagrange-pontjainak stabil pályáit fésülték át, és 90 fényképtáblát készítettek.

Amint azt a kolonizációs faktorról szóló 7. fejezetben láttuk, az öt Lagrange-pont a két égitestből álló rendszerek, amilyen a Föld—Hold-rendszer, gravitációs mezejében található. Ha bármelyik L pont közelében elhelyeznek egy harmadik égitestet, az örökre ott marad az űrben. A Föld—Hold-rendszer esetében a Nap gravitációs hatására az L4 és L5 pont közelébe juttatott test 89 nap alatt lassan körbejárja az L pontot. Így a Lagrange-pontok ideális parkolóhelyül kínálóznak a Földet figyelő idegen űrszondák számára.

1981—82-ben Freitas és Valdes újra próbálkozott — ezúttal is sikertelenül. Végigkutatták mind az öt Föld—Hold-rendszerbeli L pontot, és a Nap—Föld-rendszer L1 és L2 pontját is; erre az arizonai Kitt Peak Obszervatórium 0,61 m átmérőjű teleszkópját használták. 137 fényképtáblát készítettek, amelyeken látszott volna minden néhány méteres vagy annál nagyobb mesterséges tárgy.

Bár szondákat nem találtunk, sokkal nyomósabb okaink vannak a világűr egyes régióinak átkutatására, mint ahogyan azt a legtöbbben gondolják. Ha léteznek olyan civilizációk, amelyek rendszeresen rádiókn küldenek információkat a csillagközi téren keresztül, akkor feltételezhetjük róluk, hogy űrtechnikájuk is fejlett. A mi fajunk új jövevénynek számít e területen, de már mi is felbocsátottunk olyan szondákat (a Pioneer és a Voyager űrjárműveket), amelyek több millió éven keresztül utaznak majd a csillagközi térben, míg végül darabjaikra esnek szét. A két Viking-szondát is igen precízen helyezték el a Mars felszínén.

Ha mi, akik az űrtechnika terén még gyermekcipőben járunk, képesek

vagyunk erre, akkor azok a civilizációk, amelyeknek már több ezer, sőt talán több millió éves űrbéli tapasztalat áll a hátuk mögött, ugyancsak küldhettek már szondákat más csillagok és bolygók tanulmányozására. Ha feltételezzük, hogy Galaxisunkban az elmúlt néhány milliárd évben kialakultak űrutazó civilizációk, akkor az is valószínű, hogy néhány szondájuk — ha nem is a Földön kívüliek személyesen — járt már Naprendszerünkben. Szerintem a szondák gyártói kényelmes otthonukban tesznek eleget intellektuális küldetésüknek, s űrhajóikon mesterséges intelligenciájú gépek utaznak a csillagközi tér örök éjszakáján keresztül, hogy felfedezzék gazdáik számára az ismeretlen világok csodáit.

A legtöbben azt hiszik, hogy egy közelben tartózkodó idegen űrszondát könnyen észlelhetünk. Robert Freitas közölt néhány adatot, hogy megmutassa, mennyire átfogó kutatásra lenne szükség egy ilyen felfedezéshez. Íme:

„A Naprendszer sugarával (a Nap középpontja és a Plútó pályájának legtávolabbi pontja közötti távolság) rendelkező gömb 260 000 csillagászati egység köbéből áll (egy csillagászati egység egyenlő az átlagos Nap—Föld-távolsággal). A bolygók, holdak és aszteroidok felszíne 100 000 millió km^2 . Ha a legjobb földi teleszkópot állandó jelleggel arra használhatnánk, hogy idegen készítésű mesterséges tárgyakat keressen, a szükséges térfogatnak az is csak egymilliomod részét tudná átkutatni. A keringési pályák terének legalább 99,999%-ában lehetnek még 1—10 méter nagyságú tárgyak. A Naprendszer Földön kívüli 100 000 000 000 km^2 -es területéből kevesebb mint 50 millió km^2 vizsgáltunk át 1—10 méteres felbontással, s így 99,95%-ában még szűz területnek számít. A földi megfigyelő vizuálisan nem tudná megkülönböztetni az Aszteroid-övezetben található óriási, 1—10 km-es idegen lakhelyeket az aszteroidoktól.”

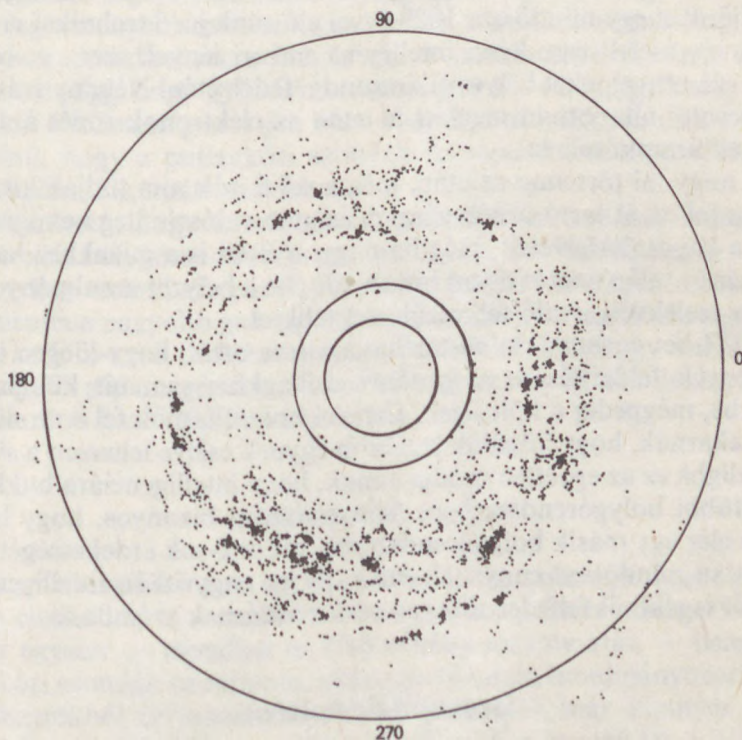
Kiszámíthatjuk viszont, hogy a világűrnek ezen a hatalmas részén melyek egy esetleges idegen szonda számára a legkedvezőbb parkolási helyek. Az eddig végigkutatott L-pályák is ilyen helyek.

Freitas két kritériumot szab ezekre a helyekre:

1. *kritérium:* Folyamatosan figyelhessék a születő vagy fejlődő értelmes élet helyszíneit;
2. *kritérium:* A lehető legegyszerűbb módon biztosíthassák a tárgy maximális élettartamát.

Ha figyelembe vesszük ezeket a kritériumokat, akkor jelentősen csökken a kutatás szempontjából számításba jövő tér nagysága. „A potenciális kutatási tér — mondja Freitas — ily módon öt jól elkülöníthető pályakategóriára szűkül, amelyeket még alig vizsgáltak meg 1—10 méteres tárgyak előfordulására vonatkozólag.” A következő pályákról van szó:

1. Geocentrikus pályák két Föld középpontú koncentrikus gömb között, amelyek sugara 70 000 és 326 400 km.
2. Holdcentrikus pályák 3000 és 58 100 km-es holdmagasság között.
3. Stabil pályák a Föld—Hold-rendszer L4 és L5 Lagrange-pontjai körül.
4. A Föld—Hold-rendszer pályái az L1 és L2 Lagrange-pontok közelében.
5. A Nap—Föld-rendszer L4 és L5 Lagrange-pályái.



27. ábra. Ilyennek látnánk kívülről a Naprendszer síkjában található kisbolygó-övezetet

Az ábrán látható 1811 kisbolygó helyzetét az IRAS, az Infravörös Csillagászati Műhold 7000 megfigyelése alapján állapították meg. A belső kör a Föld, a középső a Mars, a külső pedig a Jupiter pályáját jelöli. A többször megfigyelt kisbolygóknak pontsorpályák felelnek meg. Egyes tudósok felvetették annak a lehetőségét, hogy az elmúlt négy milliárd év során a Naprendszerbe érkezett idegen űrszondák esetleg az aszteroida-övezetben találtak maguknak parkolóhelyet, amely építőanyagokban gazdag, és fő energiaforrásunktól, a Naptól sem esik nagyon messze. Néhány csillagász az aszteroidák IRAS által felvett színeképeit vizsgálja, hátha sikerül találniuk egy-két szokatlant a sok között; ez azt jelenthetné, hogy az illető aszteroida nem pusztán kőzeteket és ércet tartalmaz.

Ha nagyon szabadjára engedjük a fantáziánkat, akkor az is eszünkbe juthat, hogy ha az elmúlt néhány millió év során érkezett hozzánk egy fejlett civilizáció szondája, akkor az technikai civilizációnk születését detektálva esetleg itt is maradt. Igen ritkán fordulhat elő ilyen esemény egy szondával, hogy további megfigyelésre érdemes jelenségre bukkan. Talán 250 ezer évvel ezelőtt, amikor még az első, tán még kicsit butácska, kiálló homlokcsontú *Homo sapiensek* jöttek-mentek a Föld színén, a jól programozott szonda vagy az ETI látogató már egyértelműen meglátta bennük egy jövődő technikai civilizáció megteremtésének biztos, vetélytársak nélküli esélyeseit.

Az ETI-szondák, ha csakugyan léteznek, sokféle munkát végeznek. Képzeljünk el egy mindössze 1000 évvel előttünk járó technikai civilizációt, amely cselekvésre kész, intelligens emberi lények szerepét betöltő mozgó számítógépeket helyez el űrszondái fedélzetén! Néhány száz éves, „kikapcsolt” állapotban megtett út után az elektronok ismét áramlani kezdenek áramköreiben.

Azt, hogy mi történne ez után, még a sci-fi írók sem tudják kitalálni. Évszázadokon át tartó űrbéli várakozás után valószínűleg nemigen sietnének el a kapcsolatfelvételt, még ha nagyon ritka is a miénkhez hasonló élet. Száz év talán nem is olyan hosszú idő, ha a helyzet tanulmányozásával és a cselekvésre való felkészüléssel telik el.

Az ETI-ket egyetlen dolog tarthatja vissza attól, hogy idegen intelligens lények felderítésére nagyszámú csillagközi szondát küldjenek a világűrbe, mégpedig a költségek. Ezrével bocsáthatnák fel a szondákat, ha azt akarnák, hogy közülük legalább egynek esélye lehessen a sikerre, pedig aligha ez az egyetlen módja annak, hogy intelligenciára bukkanjanak a többi bolygórendszerben. Annyi viszont bizonyos, hogy ha egy szonda elér egy másik bolygórendszerbe, ott sok-sok érdekességet találhat. Talán mindössze ennyit akarnak, és ha nagyritkán intelligens élet nyomait is sikerül felfedezniük, az csak ráadásnak számítana.

Űrszondák építése

John H. Wolf, az Ames Kutatóközpont SETI programirodájának munkatársa, a NASA SF-419 jelű SETI-jelentésében tekintette át a szondák problémáját. Elismeri, hogy az emberiség küldhet néhány szondát a közeli csillagokhoz, de aztán így folytatja:

„Ha 1000 fényév távolságban minden napszerű csillagot fel akarnánk deríteni, akkor 1 000 000 szondára lenne szükségünk. Ha mindennap felbocsátanánk egyet, akkor is 3000 évbe és 10 trillió dollárba kerülne. A csillagközi szondák használata roppant tetszetős dolog, amikor valaki más küldi azokat, de akkor már nem, ha nekünk magunknak kellene megvalósítanunk ezt a hatalmas vállalkozást.”

Nem kellene kifizetnünk a szondák borsos árát, ha az ún. Neumann-gépeket használnánk. Az utóbbi években e témával foglalkozó számos tudós publikálta írásait. (Mi is hamarosan foglalkozunk majd az önreprodukáló szondák problémájával.)

Ha a szondák „tökéletességük szintjén” képesek önmaguk reprodukálására és újrainvitására, akkor talán nem is olyan csekély a valószínűsége annak, hogy a mi Naprendszerünkbe is érkezett közülük valamenynyí. I. R. Cameron becslése szerint (*Scientific American*, 1973. július) a Naprendszerben a meteoritok eróziójának mértéke a meteoritot alkotó anyagok függvényében egymillió év alatt 0,2 mm és 1 cm között van. Egy különlegesen megépített szondától joggal várhatjuk el, hogy ellenállóbb, mint a legkeményebb meteorit, s ez esetben a szondák évmilliókig működőképesek maradhatnak a világűrben. A szonda alkatrészeinek élettartama attól függ, hogy gyártóiknak mennyire sikerült megközelíteniük a technikai tökéletesség szintjét. Nem tudjuk, hol található ez a szint, de valószínű, hogy a csillagközi szondák felbocsátására képes ETI-knek sikerült elérniük, amit csak lehet.

Elképzelhető, hogy a csillagközi szondákat automaták készítik, és azokat saját bolygórendszerük aszteroidjairól automatikusan bocsátják útjukra. Egy technikailag 1000 évvel előttünk járó civilizáció számára ez nem jelentene nagyobb gondot, mint számunkra az autók tömeggyártása. Így az ETI-knek csak két dolguk van: ellenőrizni, hogy a szondákat összeszerelő gép megfelelően végezze a munkát, és tanulmányozni a szondák által hazaküldött jelentéseket.

Hosszabb élet

Csakhogy a civilizációnak rengeteg időre lenne szüksége. Száz év, talán több is eltelhet, mire a szonda eléri az első megcélzott csillagot; azután ha már egyszer — mondjuk az első néhány száz év után — beindult a csillagközi szondák programja, akkor az újonnan tanulmányozott bolygórendszerekből folyamatosan érkező jelentések már könnyen ébren tarthatják az érdeklődést az otthoni bázison. Egy hosszú életű fajt talán nem készítené visszavonulásra a művelet időigénye. Még mi is vállalkozhatunk erre valamikor a jövőben. Ha a molekuláris biológia technikájának fejlődésével sikerülne „életprogrammá” átírnunk az emberi gének „halálprogramját”, akkor több száz évig fiatalként élhetnénk. Csak balesetek akadályozhatnának meg abban, hogy meghatározatlan ideig életben maradjunk és akár több ezer éves kutatóprogramokban is részt vehessünk.

Egyébként a meghosszabbított élet is a világűr gyarmatosítására ösztönözné a fejlett társadalmakat. Ehhez járulna még az energiaigények növekedése és a technika korlátai — ennyi pedig már túl sok lenne egy

bolygófelszínhez kötött civilizáció számára. De ha egyszer megszerezzük az uralmat génjeink felett, akkor valósággá válhat az emberi életkor meghosszabbítása; nem úgy, mint a „fénynél sebesebb” űrutazás, ami a jelek szerint örökké fikció marad. És akadhatna-e érdekesebb dolog örökifjú utódaink számára, mint csillagközi szondákkal kutatni Galaxisunk csodáit? Pontosan ugyanezt mondhatjuk el a sok más technikai civilizációban élő fajról, amelyek feltételezésünk szerint kifejlődtek azóta, hogy lehetővé vált a Földhöz hasonló bolygók kialakulása a világ-egyetemben.

Egyesek szerint a fejlett ETI-k önreprodukáló szondákkal (Neumann-gépekkel) fedezik fel a Galaxist, és ilyen szondák talán már a Naprendszerben is vannak. Ennek a módszernek az az előnye, hogy egy fejlett ETI-civilizációnak elég egyetlenegy önreprodukálásra képes szondát megépíteni és útnak indítani egy közeli csillaghoz. Ezután már megy minden magától, és akármeddig folytathatják a kutatást a csillagok és bolygók között.

A jövőkép legalább egyszerű, ha más nem is. Az önreprodukáló szonda végzi a feladatát, és közben rendszeresen jelentéseket küld haza készítőinek. Ha pályára állt az első megcélzott csillag körül, az ott talált megfelelő anyagokat felhasználva megteremti saját hasonmását. A leányszonda vagy -szondák (attól függően, hogy az anya hány új példányt képes előállítani) ezután útnak erednek a következő érdekesnek ígérkező csillag és bolygói felé. Amikor odaérnek, a leányszondák elküldik jelentéseiket a hazai ETI-civilizációnak és reprodukálják önmagukat; az így születő újabb szondák újabb csillagrendszereket derítenek majd fel. A bolygóközi szondák exponenciálisan gyarapodnak. Csillagászati viszonylatban rövid idő alatt a Galaxis minden csillaga körül kering valahol egy szonda. Egyes csillagok közelében több szonda is található, mert a Galaxisban nem csak egy ETI-civilizáció küldözget ilyen, önreprodukálásra képes szerkezeteket. A szondák még egymással is felveszik a kapcsolatot, ha feltárási területeik fedik egymást.

Ez egy lenyűgöző jövőkép. Nagyon kényelmes megoldásnak látszik, hogy mindössze egyetlen önreprodukáló szondát kell elkészíteni és útnak indítani, és már kutathatjuk is a Galaxis titkait — feltéve, hogy várható életkorunk legalább néhány ezer év. Az első szonda leszármazottai még halálunk után is új és új felfedezésekkel szolgálnak majd utódainknak.

Hasonló helyzet állna elő, mint az elképzelt O'Neill típusú kolóniák esetében, amelyek átkelnek a csillagközi téren, hogy más bolygórendszerekben vessék meg a lábukat. De van egy alapvető különbség. Az O'Neill-féle űrgyarmatokat biológiai élőlények laknák: vagy a jövőnk emberei, vagy a múlt, a jelen és a jövő biológiai ETI-jei. Az utóbbiak talán mélyhűtött vagy mesterségesen hibernált élőlények lennének, esetleg csak spermák és petesejtek, amelyeket az alkalmas idő elérkeztekor számítógépek párosítanak össze; az így születő lényeket ugyancsak szá-

mítógépek nevelnék és készítenék fel arra a pillanatra, amikor a kolónia megérkezik valamelyik távoli csillagra. Mindenesetre biológiai felépítésű élőlények lennének — hacsak nem halhatatlan robotok alkotják a csillagközi űrhajók „legénységét”.

Az önreprodukáló űrszondák problémája

Fontos, hogy míg halhatatlansággal nyugodtan felruházhatjuk robotjainkat, a reprodukálás képességének adományozása már kockázatosabbnak bizonyulhat. Az űrgyarmatok élő lakóit kötik a darwini evolúció törvényei (amelyek életre hívták őket), de az önreprodukálásra képes szondákról vagy robotokról már nem mondható el ugyanez. A biológiai lényeknek génjeiken kell változtatniuk ahhoz, hogy új képességekre tegyenek szert, ez pedig hosszú, a természetes kiválasztódás törvényei által szabályozott folyamat. Feltételezzük, hogy a világegyetemben minden látható evolúciós változás mögött a nukleinsavak kódrendszere áll.

Mindenesetre az élő szervezetek generációi közötti információátvitelnek csak ezt a módját ismerjük. A molekulastruktúrák közül talán egyedül a nukleinsavak képesek a genetikus információnak a fejlett életformák számára szükséges kódolására. Talán sehol az univerzumban nem történik ez másképp. A biológiai lények esetleg képesek lehetnek arra, hogy az űrgyarmati környezethez való alkalmazkodás kedvéért vagy a fajnemesítés hatására kissé változtassák génjeiket. Mindkét esetben nagyon lassan következne be a változás, és valószínűleg az intelligencia megszerzésének is lenne egy felső biológiai határa.

Az önreprodukáló szondákat vagy robotokat nem korlátozná a darwini evolúció (a génekben lezajló változások lassú üteme), mivel nem is lennének génjeik, amelyeket meg kellene változtatni. Ezért ezek a gépek az ún. Lamarck-féle evolúcióval fejlődhetnek.

1801-ben, félszáz évvel Darwin *A fajok eredetéről* című munkája megjelenése előtt, Jean Baptiste de Lamarck, francia biológus nyilvánosságra hozta elméletét, amely szerint az állatok az evolúció során továbbadják az életükben szerzett sajátságokat. Lamarck szerint a zsiráfok azért lett hosszú a nyaka, mert a zsiráfok nemzedékeken keresztül nyújtogatták nyakukat az ég felé, hogy elérjék a legfinomabb leveleket. Akkoriban hihető is volt Lamarcknak az állatok evolúcióját magyarázó fejtegetése. Csakhogy fél évszázaddal később Darwin előállt egy jobb magyarázattal, bár elismerte, hogy az evolúció fogalmának bevezetése Lamarcknak tulajdonítható. A zsiráfok és az összes többi életforma evolúciója megmagyarázható a természetes kiválasztódás elvén. A szerencsésen hosszabb nyakú zsiráfoknak sikerült elérniük azokat a leveleket, amelyekért a rövidebb nyakúak hiába nyújtóztak. A hosszabb nyakúak a nehéz időkben sem éheztek, túlélték a válságos helyzeteket, és több utódot

hoztak világra, mint a rövidebb nyakúak. Így aztán fokozatosan, nemzedékről nemzedékre hosszabbodott a zsiráfok nyaka, míg végül kialakult a lakóhelyen található fák magasságához képest optimális nyakhossz.

A nyak persze nem fejlődhet elszigetelten. A zsiráfok esetében más evolúciós tényezők és mechanikai korlátozások is szerepet játszottak. Nyilvánvaló, hogy ha a nyak hossza túllép egy bizonyos határt, akkor az előnyökhöz sokkal több hátrány társul. A zsiráfok nyakában abszorbens szöveteknek kellett kifejlődniük, amelyek szabályozzák az agy vérrellátását, amikor az állat lehajol, hogy igyon. Ebből is látható, hogy az evolúció nagyon lassú, összetett folyamat, akár egy hosszú nyak, akár egy nagyméretű, intelligens agy a fejlődés végeredménye.

De az önreprodukálásra képes szondákra, robotokra nem vonatkoznak ilyen megkötések; ők akár a Lamarck-féle evolúció elvén is fejlődhetnek. Ez annyit jelent, hogy *közvetlenül* továbbadhatják a következő generációnak újonnan szerzett képességeiket, jelezhetik kívánt változtatásokat, így hamarosan olyan tulajdonságokat fejleszthetnek ki, amelyek meghaladják a biológiai lények lehetőségeit. Néhány nemzedék során ezek a gépek túlszárnyalják az őket készítő biológiai lényeket.

Így a nem biológiai szervezetek nemcsak hogy elérhetnek minden csillagot, de túltehetnek a Galaxis valamennyi biológiai élőlényén. A tudományos-fantasztikus irodalomból ismerős elképzelés, miszerint egy számítógép átveszi a világ feletti uralmat, milliárdszorosára kibővül azzal, hogy egyetlen gép az egész Galaxist is uralhatja. És senkinek sem sikerül majd „áramtalanítania”.

Erre azt mondhatnánk, hogy minden önreprodukáló szondába és robotba be lehetne építeni egy olyan mechanizmust, amely határt szab a gép fejlődésének. Akár a génekkel egyenértékű rendszerrel is elláthatnánk azokat. Csakhogy intellektuális fejlődésük során esetleg kijátszhatják majd ezeket a korlátozó mechanizmusokat.

Ha tehát biztonságban akarjuk érezni magunkat, akkor jobb, ha az önreprodukáló űrszondák és robotok megmaradnak a tudományos fantasztikum keretei között.

Vagy lehet okunk a kételkedésre? Igen, a mesterséges intelligencia képes racionális műveletekre, míg az embert sújtja az örök irracionalitás átka. Évekkel ezelőtt — amikor a sajtó még „elektronikus agyagnak” hívta a számítógépeket — egy jó nevű biológus azt mondta nekem, reméli, hogy a számítógép fejlődése hamarosan eléri azt a szintet, amelyen a gép átveheti a kormányzást. Szerinte az ésszerű számítógépek jobban irányíthatnák világunkat, mint az ésszerűtlenül gondolkodó politikusok. Nem is tudom; a politikusok felett legalább van némi ellenőrzésünk, és ők legalább nem növelhetik hatalmukat a Lamarck-féle evolúció szerint!

De most vizsgáljuk meg az ETI-kre utaló bizonyítékok kutatásának néhány különleges módját!

Kutatás — más módszerekkel

Engedjük szabadjára fantáziánkat, és próbáljuk meg végiggondolni, hogy az elmúlt három-négymilliárd év során hol hagyhattak valamilyen nyomot maguk után a Naprendszerbe érkezett csillagközi szondák vagy az idegen űrkolóniák lakói.

Első pillantásra a Föld a legvalószínűtlenebb hely. Itt az erózió nagyon hamar eltünteti a múlt eseményeinek nyomát. Az ETI látogatók szemében a piramisok a mi időskálánkban egykettőre belevesznek a sivatag homokjába. Mégsem kell messzire utaznunk ahhoz, hogy megtaláljuk a Naprendszerben azt a helyet, ahol a legnagyobb a valószínűsége az ETI-k esetleges látogatásainak nyomát őrző ősrégi bizonyságok fellelhetőségének. Elég elutaznunk az eróziótól mentes Holdra, ahol még a piramisok is egy örökkévalóságig maradnának fenn.

Csillagrégészet a Holdon

Ki jelenthetné ki nyugodt szívvel, hogy nincs esély arra, hogy az elmúlt hárommilliárd év során legalább egyszer megjelent Naprendszerünkben egy szonda vagy űrkolónia, és látogatásának nyomát otthagytá a Holdon? Végül is a nagy csillagmezők nem állnak egy helyben. A Galaxis középpontja körül keringenek, ez pedig annyit jelent, hogy a Naprendszer kialakulása óta több millió, a Naphoz hasonló csillag haladt el a közelünkben (néhány fényévyire tőlünk).

A Holdon hol találhatnánk meg a bizonyítékot? Feltehetően valamilyen szembetűnő helyen. Nem valószínű, hogy a fényéveket utazó ETI-k bizonytalankodtak volna e tekintetben. Talán egy hatalmas becsapódás nyomán kialakult roppant kráter közepén kellene keresgelnünk; ezek középponti csúcsai ugyanis ma is ugyanolyan feltűnőek, mint annak idején. A legnagyobb holdkráterek több mint hárommilliárd éve megvannak. Akkor keletkeztek, amikor az utolsó nagy meteoritok keresztültek a bolygók és holdjaik útját. Ezeknek az ütközéseknek a következményeit alaposan tanulmányozták a Holdról, a Merkúrról, a Marsról és a külső óriásbolygók holdjairól készített közelképeken.

A Holdon kevés igazán szembetűnő kráter jöhet szóba. A Tycho 86 km átmérőjű, és noha nem a legnagyobb holdkráter, belőle indulnak ki a Hold főbb sugárrepedései. Ezek a sugarak megmutatják, merrefelé áramlott ki a lezuhant meteorit anyaga. Kiterjedésüket a becsapódott meteorit eredeti mérete, sebessége és összetétele határozza meg. A Copernicus a becsapódás útján létrejött legnagyobb kráterek közé tartozik. Átmérője 160 km, és szintén sugarak indulnak ki belőle. Olyan nagy kráterek is vannak, amelyek közvetlenül a Naprendszer kialakulását követően jöttek létre, de ezeket négy milliárd évvel ezelőtt láva töltötte fel, és ma *maria*k, azaz holdtengerek néven ismerjük őket. Ezek tehát nem igazi kráterek, hanem a régi kráterfalakkal körbevett síkságok.

A Hold feltárása során bizonyára sok szokatlan, furcsa jelenséget fogunk találni. Az is lehet, hogy ebben a sivár, eróziótól mentes világban egy napon majd ETI-k látogatásának nyomait is felleljük, pedig talán sok-sok évmillió telt el az ETI-k látogatása és a mi holdraszállásunk között.

Mérnöki tevékenység a kozmoszban

Freeman J. Dyson, a princetoni Institute for Advanced Studies munkatársa néhány évvel ezelőtt felvetette, hogy az ETI-ket esetleg az űrben folytatott mérnöki tevékenységük nyomai is elárulhatják. Dyson feltételezése szerint egyes fejlett technikai civilizációk talán úgy próbálják megoldani a túlnépesedés problémáját, hogy bolygórendszereik anyagának átrendezésével egy gömböt építenek, amelynek belső felülete megfelelő távolságban van az anyacsillagtól. Ezután a belső felületen létrehoznak a lehető legnagyobb lakóterületet, amelyre eljut a csillagról sugárzó energia nagy része. A Föld a Nap által kisugárzott energiának mindössze 0,002 milliomod részét kapja meg. Csillagunk energiája csaknem teljes egészében veszendőbe megy a világűrben, pedig a Föld négyzetmérföldenként (2,6 km²-enként) 4,5 millió lóerőt fog fel belőle.

Az elméletet érdeklődéssel fogadta a tudományos világ, és a csillagászok máris keresni kezdték az ún. Dyson-gömböket. A gömböknek az infravörös tartományban kellene visszasugározniuk a korábban felvett energiát. Csakhogy a népesedési gondok megoldására a Dyson-gömb meglehetősen durva megoldásnak tűnik. Az O'Neill-féle űrkolónia-elképzelés sokkal jobb megoldást kínál egy nagyobb élettérre és több energiára vágyó, növekvő technikai civilizáció problémáira. Nem kívánatos és nem is szükséges roppant anyagmennyiségeket megmozgatni, egész bolygórendszerek széthordásával és újjáépítésével hatalmas új lakóhelyeket létrehozni. Gondoljuk csak el, mennyire merevnek hat egy Dyson-gömb a hasonló méretű űrkolóniákhoz képest!

Dr. N. S. Kardasev, a kiváló szovjet rádiócsillagász a felhasznált energia mennyisége szerint csoportosította az ETI-civilizációkat, feltehe-

tően azért, mert ma Földünkön a technikailag legfejlettebb társadalmak fogyasztják a legtöbb energiát; pedig egyáltalán nem biztos, hogy ez az extrapoláció azoknak a civilizációknak az esetében is érvényes, amelyek több ezer évvel járnak előttünk. A Galaxis szuperagyai talán nincsenek nagyon oda az építőiparért, és életmódjuk sem készíti őket nagy energiafogyasztásra. Lehet, hogy optimális környezetüket nem kell annyit építeni és javítani, mint a miénket. A Galaxisban csak akkor lennének kimutatható nyomai az építkezéseknek, ha egy hangyamentálisással rendelkező gyarmatosító fajnak sikerülne kifejlesztenie az űrtechnikát. A hangyákhoz és a természetekhez hasonló társas rovarok pedig másfajta intelligenciával jellemezhetők, mint az ember vagy a többi emlős. Az ő viselkedési normáikat az evolúció programozta, és igen hosszú időbe telt, míg sikerült eljutniuk arra a szintre, ahol ma is állnak. Még a csillagok élete sem elég hosszú ahhoz, hogy felemelkedjenek a technikai civilizáció szintjére. Nem számolhatunk azzal sem, hogy valahol olyan ETI-k léteznek, amelyek a Dyson-hipotézis hívei által felvetett legabszurdabb lehetőségeket is kipróbálják.

Biológiai üzenetek

Néhány évvel ezelőtt Carl Sagan felvetette (*The Cosmic Connection*, Hodder and Stoughton, 1973), hogy „egy mindennapos tapasztalat formájában talán már itt is vannak az üzenetek, csak mi még nem jutottunk el szellemileg odáig, hogy felismerjük ezeket”.

Később két tokiói japán biológus, Hiromitsu Yokoo, a Hachioji Kyonin Egyetem és Tairo Oshima, a Mitsubishi-kasei Élettani Intézet munkatársa, az élet alapjaiban keresték ezt az üzenetet. Arra gondoltak, hogy talán egy egyszerű szervezet, egy baktérium is hordozhat üzenetet DNS-molekulájában. A DNS és az RNS, ez a két nukleinsav kezdi meg az élő szervezetek valamennyi fehérjéjének előállítását, és így kódolják a Föld minden élőlényének tulajdonságait; ebből a japán biológusok arra a következtetésre jutottak, hogy a kommunikálni képes ETI-k talán ebben, az általunk legfejlettebbnek ismert kódrendszerben helyezték el üzenetüket. De az nem egészen érthető, hogyan lenne képes ilyesmire egy ETI, amikor a DNS-nek a Föld egy meghatározott környezetű vidékén kell életképesé tennie az adott szervezetet.

Yokoo és Oshima mindenesetre megpróbálkoztak tételük igazolásával; egy baktériumölő vírust (bakteriofágot) vizsgáltak meg, az ØX174-est. Ez a vírus (röviden: a fág) olyan mikroorganizmus, amely megfertőzi a baktériumokat. Yokoo és Oshima elmondták: „Az ØX174-es fág olyan vírusfertőzés, amely a Föld egyedüli értelmes lényének a vastagbélében élő egyik bélbaktériumot veszélyezteti.” Röviden: az ember belében élő egyik baktériumfajt támadja meg. A baktériumot, az *Escherichia*

colit gyakorta használják molekuláris biológiai kutatások során. Az *E. colit* megtámadó fág igen egyszerű mikroorganizmus, és genetikus üzenete is viszonylag egyszerű. Yokoo és Oshima is azért választotta az ØX174-es fágot, mert ennek DNS-láncát sikerült először meghatározni.

A DNS egyik feltűnő, átfedő géneket tartalmazó részében keresték az üzenetet; többféleképpen is értelmezték eredményüket, és végül arra jutottak, hogy ETI-üzenetnek nyoma sincs. Mindenesetre teljességgel valószínűtlen, hogy épp itt találnánk rá az üzenetre. Nem tudom megállni, hogy fel ne tegyem a kérdést: vajon egy ETI éppen egy olyan szervezetben helyezné el az üzenetet, amelynek további létezése minden tekintetben egy másik szervezettől függ? Vajon azért küldte el üzenetét a csillagközi tér messzeségéből, hogy az egyenesen a címzett beleiben, nem pedig az agyában kössön ki?

Yokoo és Oshima elismerték a kudarcot: „Több száz fág jelent veszélyt az *E. colira* nézve; az ØX174-es csak egy a sok közül. A kérdés az, hogy melyik vírus — ha csakugyan egy vírus — tartalmazza az ETI üzenetét.” Szerintem olyan nagy ezeknek a fágoknak és a többi mikrobáknak a száma, amelyek elvileg DNS-molekuláikban hordozhatják az üzenetet, hogy nagyon kicsi annak az esélye, hogy komolyan vehetjük ezt a feltételezést. Az emberben már-már felébred a gyanú, hogy a Yokoo—Oshima-jelentés nem más, mint a SETI-szakirodalmi dokumentumok olvasóinak szánt kacsa.

Még ha el is fogadjuk azt, hogy a Földön egy organizmus ETI-üzenetet rejthet magában, csakis olyan független szervezetről lehet szó, amely — mint üzenethordozó — valamiképpen jelzi saját fontosságát. Hiszen nem láthatunk bele az élő szervezetek DNS-molekuláiba, és aligha elemezhetünk részletesen minden egyes földi fajt molekuláris biológiai úton, hogy megállapítsuk, nem tartalmaznak-e véletlenül valamilyen égi üzenetet. Sokkal több organizmust kellene végigvizsgálnunk, mint ahány célsillagot a SETI-programok megjelölnek. Így felvetődik a kérdés: találhatunk olyan szervezetet, amelynek génszerkezete a csillagokból ered? Lehet, hogy csakugyan itt az ideje annak, hogy a csillagászok után a természettudósok is elkezdjenek ETI-üzenetek után kutatni — de én nem hiszek ebben.

Ezékiel űrhajói

Könyvünkben korábban szó volt már arról, mennyire valószínűtlen, hogy a történelmi időkben — az elmúlt 4000 évben — meglátogattak volna bennünket az ETI-k. Az ilyen látogatások statisztikai valószínűsége igen kicsi, hacsak az ETI-k nem telepítettek űrgyarmatokat a Naprendszer külső régióiba vagy a legközelebbi csillagok bolygórendszereibe. A legtöbb történelmi időkből származó űrhajós-sztori ettől eltekintve is hihetetlen azok számára, akik ismerik a legendák történelmi és tudo-

mányos háttérét. Van azért egy-két olyan beszámoló, amely figyelmet érdemel; két ilyenről fogunk most szólni. Végül röviden áttekintjük napjaink látogatásainak történetét.

Josef Blumrich, a NASA Marshall Űrrepülési Központjában a Rendszertervezési Osztály vezetőjeként éppen a Szaturnusz-rakéta és a Skylab tervein dolgozott, amikor véletlenül tudomást szerzett arról a feltételezésről, hogy az ótestamentumi Ezékiel próféta űrhajók látogatásáról írt több mint 2500 évvel ezelőtt. Blumrich utánanézett a dolognak; várakozásával ellentétben a probléma felvetését nem találta alaptalannak, hanem maga is arra a meggyőződésre jutott, hogy a 2500 éves űrhajók szerkezete kiválóan alkalmas lehetett a Föld feltárására. Később Blumrich könyvet is írt a témáról.*

Ezékiel, aki vallásos ember volt, úgy gondolta, hogy maga az Úr vagy az ő küldöttei látogattak el hozzá. Néhány száz méterrel távolabb a legtöbb ember már nem lett volna képes arra, hogy leírja egy űrhajó — vagy az Űristen — látogatását, de Ezékiel, ez a nyilvánvalóan rendkívüli intelligenciával és erős jellemmel megáldott férfiú, pontosan jegyzi fel azt, amit látott. Az 1. rész 4. versében így számol be a találkozásról (Blumrich szerint egy ETI-űrhajó leszállását írta le):

„És látám; és íme forgószelek jöve északról, és nagy felhő, és abban lobogó tűz, és körülötte fényesség, és annak a tűznek közepette olyasmi, mint a fénylő ércz.” (Káldi György ford.)

Blumrich erről a következőket írja: „Figyeljünk meg, hogy Ezékiel először körülbelül 1000 méter távolságból látta meg a járművet; abban a pillanatban — valószínűleg fehér kondenzfelhő kíséretében — beindult a nukleáris hajtómű.” (Ez lett volna az Úr tüzes szekere, amely mennydörögve szállt alá a felhőkből?)

Blumrich hat bibliafordítást tanulmányozott; azt írja, hogy az 1. rész 7. verse szerint a próféta már az űrhajó leszálláskor használt lábait írja le: „Lábaik egyenes lábak valának, és lábaik feje kerek, mint a borjúlábaké, tekintetök szikrázó, mint az izzó ércz.” A kerek talpakról szóló rész éppen azt a szerkezeti kialakítást mutatja be, amelyet Blumrich és NASA-beli kollégái használtak, abból a megfontolásból, hogy az űrjármű lábai csúszva érhessenek talajt.

A „lábak” az Ezékiel által leírt négy „szárnyas teremtmény” részei voltak. Ezékiel leírásából kitűnik, hogy formájukat és funkciójukat tekintve a szárnyak határozottan nem vallottak madárszárnyakra; Blumrich az űrjármű négy helikopter-leszállóegységének légcsavarszárnyait látja bennük.

Akkor mind a négy leszállóegységből előbukkant egy-egy kerék. Ezékiel számára ezek voltak az egyedül ismerős tárgyak, bár minden általa

* *The Spaceships of Ezekiel*, Ezékiel űrhajói, Corgi, 1974 és az UNESCO negyedévi tudományos lapja, az *Impact* 1975. 2. száma is közölte egy erről szóló cikkét.

ismert keréktől különböztek, ahogy részletesen leírta ezeket. Blumrich szerint „mégsem vette volna senki komolyan ezt a funkcionális leírást, ami szerint a kerekek elfordítás vagy kormányzás nélkül bármilyen irányban képesek voltak mozogni”. Blumrich viszont egészen komolyan vette, és rögvest megtervezte a „minden irányú kereket”, amelyet 1974-ben szabadalmaztatott is. Úgy gondolta, hogy a bibliai űrtechnika eme hasznos mellékterméke javíthatja a rokkantak tolószékeinek fordulékonyosságát.

A Blumrich által rekonstruált űrhajó alakja bűgöcsigára emlékeztet; alkalmassá teszi a hajót a négy helikopter-leszállóegység hordozására és a Föld légkörébe történő belépésre. Az 1960-as évek végén ki is próbáltak egy ehhez hasonló szerkezetet a NASA Langley Kutatóközpontjában.

Blumrich elemezte Ezékiel űrhajójának teljesítménytényezőit, súly-, méret- és alakviszonyait, és nem maradt kétsége afelől, hogy a járművet akár mi is megépíthetnénk. „Az egyetlen részegység, amelyet még nem tudnánk kivitelezni — írja Blumrich —, a nukleáris motor, amelynek kifejlesztése még jó néhány évtizedig eltarthat.”

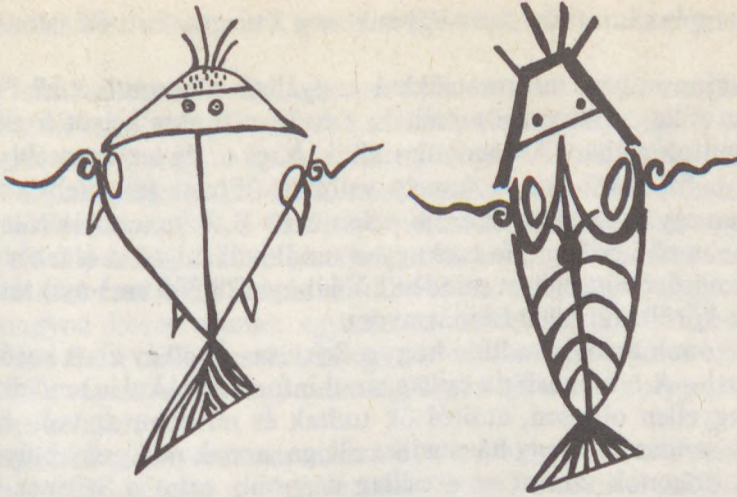
Ezek után már magától adódik a kérdés: valójában kinek az űrhajójáról beszélhetünk? Ezékieléről vagy Blumrichéről?

Nagyon valószínűtlen, hogy egy idelátogató idegen űrhajó a miénkhez műszakilag ennyire hasonló legyen. Mint már korábban is rámutattam, azt várnánk, hogy ETI szomszédaink inkább évmilliókkal, mint évezredekkel járnak előttünk. Blumrich viszont azt állítja, hogy az Ezékiel által 2500 évvel ezelőtt leírt űrhajó csak egy kicsivel volt fejlettebb azoknál a járműveknél, amelyek megépítésére ma képesek vagyunk. Feltevése csak akkor lenne valószínű, ha az űrhajóépítés technikai felső határa igen alacsony volna.

A hosszadalmas leírás során Ezékiel nem utal arra, hogy a látogatóknak az embertől eltérő alakjuk lett volna. 20 év alatt négyszer találkozott velük. Csak a parancsnok és a hírnök megjelenése utal az űrkorszakra, ők ugyanis ragyogó aranyöltözéket viseltek, amelyet Blumrich űrruhaként értelmez. Lehet, hogy Ezékiel csak egy látomását írta le, s merő véletlenség, hogy 2500 évvel később egy élénk fantáziával megáldott űrmérnök ebben egy látogatóba érkezett idegen űrhajó képét véli felfedezni?

A Szíriuszról érkezett nommoszok

A következő történet 3000 évvel Ezékiel előtt, i. e. 3500-ban játszódott, amikor is állítólag a Szíriusz csillagrendszer lakói látogattak el a Földre. Őket már nem lehetett volna összetéveszteni az emberi lényekkel, ahogyan az a jelek szerint Ezékiel esetében megtörtént. Ezek az ETI-k kétéltűek voltak. Az esetet behatóan tanulmányozta egy amerikai tudós,



28. ábra. Ez a két ősi rajz a nommoszokat ábrázolja

A dogon mitológia szerint ezek a kétéltű teremtmények a Szíriusz csillagrendszerből érkeztek, és Kelet-Afrikában, egy dogon törzs földjén szálltak le 4000 évvel ezelőtt. Érdekes azonosságokat figyelhetünk meg a két rajz között; de hogyan tudtak ezek a lények csillagközi űrhajókat építeni ujjatlan nyúlványaikkal?

Robert Temple, aki könyvében le is írta a történelmi és antropológiai részleteket.*

Dolgozata elején Temple a dogonokról, egy Nyugat-Afrikában ma is élő embercsoportról ír. Könyvének megírása előtt jó néhány évvel Temple felfigyelt két francia antropológus, Germaine Dieterlen és Marcel Griaule beszámolóira; a két francia 1946 és 1950 között tanulmányozta a dogonok kultúráját. Temple szerint a dogon mitológia meglepő tudományos ismereteket tartalmaz. A mitológia tartalmazza a nommoszoknak nevezett kétéltű lények földreszállását; Temple-ben felmerült, hogy a dogonok esetleg ebből a Földön kívüli forrásból merítették ismereteiket.

A dogonok mitológiája elmeséli, hogyan szállt le a Földre a nommoszok űrhajója. A leszállás után a szerkezet egy mély üreghez mozgott, melyet megtöltött vízzel, hogy a kétéltű asztronauták kényelmesen kiszállhassanak. Később többször is visszatértek oda lubickolni szabadidejükben, mert idejük nagy részében nehéz munkával tanították a primitív embereket a civilizáció művészetére. Bár a dogonok imádják a nommoszokat, „utálatosaknak” és „visszataszítóaknak” írják le őket, s ez —

* *The Sirius Mystery*. Sidgwick and Jackson, 1976.

mint Temple rámutat — nem egyezik meg a megszokott ősi istenképekkel.

De vajon milyen információkkal szolgáltak a nommoszok? Főleg a Szíriusz csillagrendszeréről meséltek, s ez igen fontos helyet foglal el a dogon mitológiában. A dogonok tudták, hogy az ég legfényesebb csillagának, a Szíriusz—A-nak (amely valóban 26-szor fényesebb, mint a Nap) van egy láthatatlan kísérője, a Szíriusz—B. Azt mondják róla, hogy „a legnehezebb csillag”, és csakugyan rendkívül súlyos ez a fehér törpe; az összesűrűsödött égitest minden köblábnyi (28 300 cm³-nyi) térfogat-egysége körülbelül 2000 tonnát nyom.

A dogonok arról is tudtak, hogy a Szíriusz—B 50 év alatt kerüli meg a Szíriusz—A-t, és másfajta csillagászati információkkal is rendelkeztek, de az egyetlen olyasmi, amiről ők tudtak és mi nem, az volt, hogy a Szíriusz-rendszernek egy harmadik csillaga, annak pedig egy bolygója is van. A dogonok szerint ez a csillag nagyobb, mint a Szíriusz—B. A csillagászok keresik, de egyelőre senki sem találja.

Joggal várhatjuk, hogy a Szíriusz—A, az ég legragyogóbb csillaga jó néhány mítosz tárgya lett a történelem folyamán. Nyugati misszionáriusok (és más, ugyancsak nem Földön kívüli jövevények) is beszélhettek erről, s a dogonok talán így tettek szert csillagászati ismereteikre, amelyek azután beépülhettek mitológiájukba. Új-Guinea példáján láthatjuk, milyen gyorsan mítosszá lettek a II. világháború eseményei: ételajándékokat hozó, óriási repülő madarakról szól a legenda. A dogonoknak több idejük volt arra, hogy a nyugatiakkal való találkozás anyagából mítoszt szöjenek, mint az új-guineaiaknak.

Már több mint 50 évvel ezelőtt tudtuk, hogy a Szíriusz—B, az első felfedezett fehér törpe igen súlyos; létezésére 1830 és 1840 között a Szíriusz—A tekervényes égi pályájából következtetett Friedrich Bessel, német csillagász (újabbban van de Kamp is hasonlóképpen próbálta kimutatni a közeli csillagok bolygóinak létét). Valamivel később kiszámították, hogy az új csillag keringési ideje 50 év; a Szíriusz—B-t először Alvan Clark pillantotta meg 1862-ben.

Temple szerint a dogonok ismeretei valójában több mint 5000 évesek, és a dinasztiai kora előtti ősi Egyiptom lakói is már i. e. 3200. évet megelőzően birtokában voltak ezeknek az adatoknak. Hozzáteszi, hogy a dogonok kultúrája részben ősi egyiptomi eredetű. Temple tanulmányának sarkalatos — és be nem bizonyított — pontja, hogy ilyen ősi eredetűnek tartja a dogonok ismereteit.

Nem titok, hogy a régmúlt népei sok mindent tudtak, sok mindent megértettek; ismereteik egy része feledésbe merült, más részeit újra felfedezték Európában a modern tudomány hajnalán. (Temple azt állítja, hogy Keplernek, Proklosz görög filozófus hű olvasójának felfedezései talán nem is voltak annyira eredetiek, mint ahogyan azt mostanáig

gondoltuk.) Viszont nem kell mindjárt Földön kívüli eredetre gyanakodni.

Egy másik ellenérv is van: nem valószínű, hogy a Szíriusz csillagrendszer életnek ad otthont, legfeljebb azt feltételezhetjük, hogy a nommoszok gyarmatosították a Szíriusz környékét és O'Neill típusú lakhelyeken élnek, alkalmasint kétéltűek módjára. Az asztrofizika jelenleg érvényes elmélete szerint ha a Szíriusz-rendszerhez hasonló, két vagy több csillagból álló halmazokban kialakulhattak is bolygók, akkor ezeken az élet feltételei rendkívül instabilak, kivéve ha a csillagok nagyon távol vagy nagyon közel vannak egymáshoz. Akárhogy is: a Szíriusz—A különösen fiatal csillag, csak mintegy 500 millió éves, és jóval előbb elérte életciklusa végére, mint hogy valamelyik arra alkalmas bolygóján kialakulhatna a fejlett élet.

Az egész Szíriusz-rendszer nem lehet idősebb, mint a Szíriusz—A. Összehasonlításképpen a Naprendszer tízszer, a földi élet kialakulása hétszer tovább tartott, mint ennek a csillagnak a kora. Nem juthatott tehát sok idő a nommoszok kifejlődésére. Ráadásul a Szíriusz—B, amely egykor nagyobb tömegű és fényesebb lehetett, mint társa (éppen ezért rövidebb életű is), felrobbanhatott vagy pedig nagyon instabillá válhatott fehér törpévé alakulása közben.

Akkor hát mi rejlik a nommosztörténetek mögött? Ugyanaz, ami a többi hasonló sztoriban is, amelyekről több információt kell szereznünk: sejtések, amelyeket talán igazol a jövő. Minél meglepőbbek a jóslatok, annál jobb. Mondandómat jól példázza azoknak a föníciaiaknak a beszámolója, akik 3000 évvel ezelőtt beutazták Afrikát. Állításaikat ma minden bizonytalannal kételkedéssel fogadnánk, ha nem jegyezték volna le, hogy megfigyeléseik szerint az ég rossz irányba mozog felettük. A kortársakat akkor talán hitetlenkedésre indította ez a megállapítás, de számunkra éppen ez igazolja történetüket. Hiszen valóban ezt kellett látniuk, ha az északi féltékről elutaztak a délire.

Temple következtetései (noha tudományos igényű történelmi és antropológiai tanulmánynak számít) nem jelentenek sokkal többet, mint a többi, repülő csészéaljakról szóló beszámoló, amelyeknek utasai távozásuk előtt csak elvétele váltottak egy-két szót a földlakókkal. A csillagközi űrutazás megtételére képes lényektől elvárná az ember, hogy több emléket hagyjanak itt magukról, mint amennyit a dogonok beépítettek a mitológiájukba. A dogonok csupán egyetlen olyan adalékkal szolgáltak, amely új volt számunkra: azzal, hogy a Szíriusz-rendszerben egy harmadik csillag is található, amely négyszer akkora, mint a Szíriusz—B. A csillagászoknak azonban mindmáig nem sikerült erre az égitestre rábukkanni.

Látogatók napjainkban?

Most térjünk rá napjaink látogatásaira — az UFO-hívók ezeket a „harmadik típusú találkozások” gyűjtőnéven ismerik. Van néhány olyan UFO-jelentés, amelyek nem összeférhetetlenek azzal a feltevésével, hogy Galaxisunkat gyarmatosították. A baj az, hogy gondosabb vizsgálat után az UFO-król szóló beszámolóknak csak igen kis hányada állja meg a helyét. A hatalmas UFO-irodalomban felsorolt észlelések nagy része nyilvánvaló kacsa, érzékcsalódás vagy jóhiszemű tévedés. De el kell ismernünk, hogy az aszteroidövezetben vagy Naprendszerünk távolabbi részein lehetnek olyan ETI-kolóniák, amelyek a Nap energiáját használják, noha mi nem tudunk erről. Bár ösztönösen úgy érezzük, hogy ez lehetetlen, valójában nem egészen az. Az is lehet, hogy az ETI-k néhány fényévnyire vannak tőlünk, és valamelyik közeli csillag energiáján élőködnek.

Senki sem vitatja az UFO-jelentések nagy számát. Az UFO-jelenség mindig is létezni fog, és egy igen egyszerű okból kifolyólag nem tudjuk, mi az igazság; eddig még senki sem használta a megfelelő tudományos és műszaki eszközöket azoknak az UFO-jelentéseknek a folyamatos és módszeres kivizsgálására, amelyeket pedig ki lehetne vizsgálni: a földreszállásokról van szó. Néha utasokról is szólnak a hírek, máskor csak űrhajókat emlegetnek. Eddig több mint 2000 ilyen „harmadik típusú találkozást” jeleztek a világ minden részéről, de talán még sohasem kutattak tudományos igénnyel a leszállási helyeken esetleg fellelhető bizonyítékok után. Ezt bárki megállapíthatja, aki beleolvass az UFO-irodalomba.

Az UFO-k földreszállásáról megjelent leírások a leginkább arra jók, hogy megmutassák, hogyan nem szabad tanulmányozni ezeket a jelenségeket. A földreszállási helyeken kutatók — a kevés kivételtől eltekintve — amatőr UFO-társulati tagok és nem tudományos kutatók. Így tőlük nem is lehet elvárni, hogy a szükséges tudományos körültekintéssel járjanak el. A lelkesedés és a kemény munka még nem minden. Komoly kutatóprogramra van szükség, amelyben különféle tudományos munkatársak kutatócsoportokban dolgoznak (minden csoportban kellene lennie például egy fizikusnak, egy analitikus vegyésznek és egy mikrobiológusnak). Egy ilyen program egészen szerény pénzügyi támogatást igényelne, mert a csoportokat valószínűleg csak évente egyszer vagy kétszer mozgósítanák, olyankor viszont rövid időn belül a helyszínre kellene érniük, hogy megvizsgálhassák a terepet. A leszállások esetében nem megoldás az, hogy odahívják a legközelebb található tudóst, aki talán soha nem is foglalkozott az UFO-jelenséggel és nincs is ideje alaposabb vizsgálódásra.

Lehet, hogy nem nagy a valószínűsége annak, hogy felfedezhetnénk valami érdekeset. Adjunk csak egy százalék esélyt a sikernek. De ezért az

egy százalékért is megérdemelne a kutatás legalább valami szerény támogatást, hogy legalább a leghitelesebbnek hangzó jelentéseket azonnal ellenőrizhessék.

Természetesen a legtöbb beszámoló nem indokolja a további kutatást. A jelentésekben szereplő UFO-k, mint Földön kívüli kapcsolatfelvevők sokfélesége gyanakvásra ad okot. Érkeztek már csészealjak a Naprendszer minden részéből, a Hold túloldaláról, a Vénuszról, a Marsról és a Jupiterről. . . Jönnek ismert és ismeretlen csillagok bolygórendszereiből, sőt még idegen galaxisokból is. Ráadásul mind éppen most, ezekben az évtizedekben látogatnak meg bennünket. Mi történhetett? Talán a Galaktikus Tanács hirtelen úgy döntött, hogy különleges tanulmányozásnak veti alá az emberiséget? Egyes jelentések arról számolnak be, hogy a csészealjakból kiszállt utasok az ember közeledtére hanyatt-homlok visszamenekülnek járműveikbe, máskor viszont túlságosan is kenetteljes hangvételű nyilatkozatokat tesznek. Például azt mondják, azért jöttek el hozzánk, hogy elmondják, rossz úton járunk, s hogyan menthetjük meg a világot. A csillagokon túlról érkeznek, mégsem mondanak soha semmi okosat, semmi konstruktívát. A lapokban megjelent üzeneteket akár egy tizedrangú újságíró is megszövegezhette volna — és valószínűleg így is történt. De ezekkel a butuska UFO-jelentésekkel mégiscsak több példányt adhatnak el a napilapokból és a magazinokból. A hírszerkesztők is fellelegeznek; sok jó sztoriról kell különben lemondaniuk azért, mert kiderül róluk, hogy nem fedik a valóságot, de az UFO-jelentések hitele miatt nem kell aggódniuk. Az olvasók beveszik őket, akár hihetőek, akár nem.

Számíthatunk-e bizonyítékra?

A legtöbb, tudományos gondolkodásra hajló ember azt mondja, hogy ha az UFO-k Földön kívüli eredetűek, akkor arra már találtunk volna bizonyítékot. Vajon helyesen érvelnek?

Arthur C. Clarke írta egykor, hogy könnyebb lenne elrejtteni egy dinoszauruszt Manhattanben, mint eltitkolni egy Földön kívüli űrhajó látogatását. A repülő csészealjakról és utasaikról — pontosabban az igazságról — szóló egyik televízióműsorban nyomatékosan hangsúlyozta, hogy a Földön kívüli értelmes lények érkezésének félreismerhetetlen jelei lennének. Egy ilyen látogatás híre bombaként robbanna be a köztudatba, és mindent megtudnánk róla. A repülő csészealjak ügyében kételkedésre nem lenne semmi okunk, nem úgy, mint manapság sokszor.

Én személy szerint kénytelen vagyok az ellenkező álláspontra helyezkedni. Képzeljük el, hogy beülünk egy Föld körüli pályán tartózkodó űrhajóba, és két vagy hárommillió évet visszamegyünk az időben — jó sok mindent tud ez az űrhajó! Ilyen helyzetben kitűnően tanulmányozhatnánk korai őseinket. Leküldenénk egy járművet, hogy megvizsgál-

hassuk őket: *Australopithecus*okat vagy előembereket találnánk, akik kis csoportokban élnek az afrikai szavannákon. Bizony nem szállnánk le közéjük, csak azért, hogy elmondhassuk nekik: „Helló! Azért jöttünk, hogy tanulmányozzuk a primitív társadalmatokat, és hogy egy fejlettebb életforma felé irányítsunk benneteket.” Egy ilyen lépés enyhén szólva nem lenne helyénvaló, ha azért mentünk, hogy megtudjunk valamit korai őseinkről. Csak annyit sikerülne elérnünk, hogy pánikot keltünk, és valószínűleg elesnénk mindenféle értékes kutatás lehetőségétől.

Akkor hát mit tennénk? Hozzáteszem, hogy a fedélzeten rendelkezésünkre áll a modern technika minden olyan eszköze, ami szóba jöhet egy előember-társadalom tanulmányozásához. Nos, én úgy gondolom, hogy először csak messziről tanulmányoznánk őket, és mindent megtennénk, hogy észrevétlenek maradjunk. Távfényképeket készítenénk, távcsöveket és messzelátókat használnánk. A következő lépésben közelebbi tanulmányozás végett foglyul ejtenénk egy-két egyedet, és egyúttal talán barátokat és együttműködésre kész segítőtársakat is szereznénk, ha később közvetlen kapcsolatot szeretnénk létesíteni társadalmukkal. Ily módon végül eljuthatnánk odáig, hogy gyakorlatilag már közöttük élünk, s ha úgy tetszik, találkozhatunk vezetőikkel is. Csakhogy szerintem arra a következtetésre jutnánk, hogy túlságosan is nehéz az élet ezek között az emberek között, így inkább csak néhány egyeddel ismerkednénk meg a lehető legrészletesebben, miközben kívülről tanulmányozzuk a társadalmat, ahogyan ma is vizsgáljuk a vadon élő majmok életét.

Nos, egy hozzánk ellátogató ETI gyakorlatilag ugyanazt érezné, mint mi az időutazó űrhajónkban, azzal a különbséggel, hogy a mi társadalmunkat — lévén jóval bonyolultabb, mint az előembereké — sokkal hosszabb ideig kellene tanulmányozniuk. Az UFO-k leszállásairól szóló beszámolókból ítélve a repülő csészealjok utasai is ezt teszik — mármint ha csakugyan léteznek. A jelek szerint óvakodtak attól, hogy közvetlen kapcsolatba lépjenek társadalmunkkal, s a távolból figyelnek minket. Ha jól meggondoljuk, az a legvalószínűtlenebb, hogy a Földön kívüli látogatók éppen a sztereotíp sci-fi kívánsággal fordulnának hozzánk: „Vigyetek a vezetőkhöz!” Leszállásukkor már eleget tudnának rólunk ahhoz, hogy útbaigazítás nélkül is odataláljanak „a vezetőkhöz”, ha ezt szeretnék.

Így most visszatérünk a gyarmatosítás elméletéhez, amelyet a legtöbb ember bizonyára teljesen valószínűtlennek talál. A lényeg az, hogy az UFO-jelenség korrekt tudományos kivizsgálásával elkezdhetnénk tesztelni a kolóniaelméletet. A leghíhettebb UFO-jelentések nem mondanak ellent a gyarmatosítás hipotézisének. Ha persze nem tudományos alapon végezzük a kutatást, akkor sohasem találhatunk bizonyágokat az UFO-k létezésére.

Régi elképzelések

Néha nem állhatjuk meg, hogy azt ne higgyük, talán ugyanolyan távol vagyunk még a Földön kívüli értelemmel való kapcsolatteremtéstől, mint azok a XIX. század végi és XX. század eleji tudósok, akik úgy tervezték a kommunikáció felvételét a marslakókkal, hogy hatalmas tüzeket gyújtanak, a Szahara homokjába pedig óriási derékszögű háromszögeket építenek, hogy ezzel jelezzék: a geometriához legalább egy keveset értünk. 1941-ben például, amikor a Mars a legközelebb került a Földhöz, Sir James Jeans azt javasolta, hogy reflektorok fel-felvillantásával továbbítsuk a prímszámokat (3, 5, 7, 11, 13, 17 stb.) a matematikát ismerő marslakóknak. 1941-ben persze rengeteg reflektor volt a háborús Angliában, csak épp marslakók nem voltak, akik észrevehették volna azokat.

Ezekkel a régi ötletekkel, amelyeket ma reménytelenül naivnak találunk, józanul gondolkodó, okos emberek álltak elő — olyanok is voltak közöttük, akik koruk legnagyobb tudósai közé tartoztak. 1941-ben számoltak az értelmes marslakók létezésével. Azt hiszem, a régi dolgokon elgondolkozva óvatosabbaknak, szerényebbeknek kellene lennünk, amikor új ötleteket javasolunk, persze azért ne legyenek túlzott gátlásaink. A merészségnek talán egy napon meglesz a jutalma. És bármilyen eredményt hoz is az ETI-k bizonyosságának kutatása, a gyakorlati munkát szükségszerűen megelőző elméleti tervezés bizonyára tágítja látókörünket.

A több lakott világ létezését hirdető, a kopernikuszi világtépből logikusan következő és nyilvánvaló elgondolás, amiért 1600-ban a bátor Brunót is megégették, egyértelműen a tudomány folyamányaként keletkezett legnagyszerűbb eszme. Az emberi gondolkodásban semmilyen más tudományos feltevés nem tudott volna ilyen gyökeres változásokat előidézni, függetlenül attól, mit hoz a jövő.

A SETI és az ember helyzete

Bertrand Russell mondta egyszer, hogy csakis a tudomány és a technika a felelős a tegnapi és a ma közötti különbségekért, és életünket befolyásoló semmilyen más tényezőnek nincs hozzájuk fogható hatása. A felszínen csakugyan ezt látjuk. A körülöttünk lévő világ tele van — sokszor azt mondhatnánk, tele van szemetelve — a tudományos fejlődés eredményeként létrejött technikai termékekkel. De kevésbé látványos változások is történtek; ugyanez a tudományos fejlődés megváltoztatta szemléletmódunkat és gondolkodásunkat is. Az agyunk legalább annyit változott, mint technikai környezetünk. Ez az új ismeretek szülte láthatatlan változás szabja meg társadalmi fejlődésünk irányát. Ma már nem tudunk a jövőbe látni, minden ilyen próbálkozás ugrás az ismeretlenbe.

A tudományos-fantasztikus filmek és tévéprodukciók ritkán mutatják be a holnapnak ezt az oldalát. Vegyünk egy népszerű sorozatot, a *Star Trek*-et. Az „Enterprise” űrhajó legénységének ötletei, hiedelmei, viselkedése és szemléletmódja mind-mind a mai amerikai polgár, nem pedig a jövő — bizonyára teljesen más szemlélettel és gondolkodásmóddal jellemezhető — emberének a sajátja.

A múlt példájából ítélve nem tudhatjuk, milyen lesz az emberi lények viselkedése akár csak száz év elteltével is. Akkor milyen esélyünk van arra, hogy kikövetkeztessük, milyen azoknak az idegen értelmes lényeknek a szemléletmódja, akik legalábbis több ezer évvel előttünk járnak. Azt semmiképp sem várhatjuk, hogy alacsonyabb rendű ETI-ket találunk. Így a minket évezredekkel megelőző ETI-kkel való kapcsolatfelvétel egyben azt jelenti, hogy még nehezebben érthető gondolkodásmódú teremtményekkel kell kapcsolatba lépniünk, mint az illető lények technikája, de civilizációnk a kapcsolat típusától függően többé vagy kevésbé, előbb vagy utóbb át fog alakulni.

Ha például a Holdon egy egész civilizáció leírását tartalmazó adatbankra találnánk, annak talán még nagyobb lenne a hatása, mint egy távoli csillagról kapott üzenetnek. Annyi biztos, hogy az ETI-k üzenetét csak lassacskán sikerülne megfejtenünk és értelmeznünk. A társadalom is csak hosszú idő alatt venné tudomásul az új fejleményt.

A legnagyobb veszélyt (tegyük hozzá, ennek a legkisebb a valószínűsége)

ge) a közvetlen kapcsolat hordozná. Tegyük félre egy pillanatra szkepszi-sünket, és képzeljük el, hogy az UFO-król — csak néhányról a sok ezer közül — kiderül, hogy ETI-úrhajók. Ez nagyobb veszélyt jelentene számunkra, mint az atomfegyverek, az apadó nyersanyagforrások, az energiahány, a túlnépesedés és a környezetszennyezés együttvéve.

Hozzánk hasonlóan az ETI-k is tisztában lennének a kapcsolattartás veszélyeivel. Így valószínűleg elkerülik az érintkezést a miénkhez hasonló, bontakozó civilizációkkal. Talán sohasem veszünk majd olyan üzenetet, amely forradalmi változást hoz életünkbe. Elképzelhető, hogy a Földszerű bolygók szigorúan védett területnek számítanak, és legfeljebb csak az ETI-knek az univerzumban való jelenlétére utaló (nyilvánvalóan értelmetlen, de tartalom nélküli) jelekre bukkanunk fejlődésünk jelenlegi fázisában.

De még ennek is óriási hatása lenne ránk. A határainkon túl élő idegen lények létezésének bizonyítéka katalizátorként hatna, és rávezetné az emberiséget saját helyzetének tudatosítására. A Földön bárhol élő emberek először éreznék át igazán, hogy egyetlen fajhoz tartoznak. Egy ETI megjelenése egyesíthetné a vallásilag és a politikailag megosztott emberiséget.

Vannak, akik félnének az ETI-jelektől. „Az Isten szerelmére, ha megsörren a kozmikus telefon, fel ne vegyük!”, fakadt ki nemrég Zolnek Topal professzor. Mások lelkesedéssel reagálnának a jelzésre, és az emberi történelem fordulópontját látnák benne. Mindenki érezné, hogy a miénket meghaladó erők léptek működésbe, a külső erőhatások pedig mindig közelítik az embert a szomszédjához. Még Einstein halála előtt tett kijelentésére, az ún. Einstein—Russell-féle felhívásra is reagálhatnánk: „Emlékezzetek arra, hogy az emberi fajhoz tartoztok, a többit felejtsetek el!”

Talán még mindig hasonlítunk valamelyest öseinkre, az afrikai szavannák néhány millió évvel ezelőtt élt embermajmaira, akik a hideg éjszakában egymáshoz bújva nézték a följük boruló égbolt csillagait. Mi is a csillagokat fürkésszük, de közben ilyen kérdések merülnek fel bennünk: Egyedüliek vagyunk? Léteznek-e a világegyetemben más technikai civilizációk is? Talán olyan civilizációk vesznek körül bennünket, amelyek létezését érzékelni és megérteni is képtelenek lennénk?

Bármi legyen is a fenti kérdések mögött rejlő igazság, annyit bizonyosan érzünk, hogy más dolog csupán egy típust képviselni a világegyetem sok millió öntudatos élőlénye között, és megint más egyedül lenni a világegyetemben. Nem örülnénk annak, ha csak egy térben és időben ritka véletlennek köszönhetően léteznénk. Az is lehet, hogy valahol a két szélsőség között van az igazság. Ezekre csak a SETI-tevékenység adhatja meg a választ.

Ha hosszas keresés után sem sikerül felfedeznünk az ETI-k bizonyágát, az arra enged következtetni, hogy az ember kifejlődésében szerepet

játszó lényeges tényezők valamelyike nagyon valószínűtlen volt. Például lehet, hogy a technikai civilizáció létrehozására képes nagyméretű agy rendkívül jelentős energiaszükséglete miatt csak a legritkább esetben alakulhat ki a természetes kiválasztódás útján. Talán annyira kicsi egy technikai civilizációt teremtő faj kifejlődésének az esélye, hogy egy galaxis történetében csak egyszer valószínű ilyesmi. Tekintsünk végig múltunkon és várható jövőnkön az élet születésétől egészen a csillagok majdani gyarmatosításáig, és láthatjuk, hogy utunk csak egyetlen fázisának kimaradásával az egész utazás lehetetlen lett volna. Mi mégis megtettünk már egy útszakaszt, bár nem tudjuk, a véletlen vagy pedig egy univerzális folyamat szükségszerű kibontakozása folytán történt-e így. Megállíthat-e még minket valami a csillagok felé vezető úton? Talán sohasem érhetünk el a csillagokig, és ami a jövőben lehetetlen lesz számunkra, az lehetetlen lett volna a többi faj múltjában is.

Melyik tehát a helyes válasz? Számunkra az lenne talán a legelfogadhatóbb változat, hogy a technikai civilizációt teremtő értelmes lények végül valamennyien eljutnak a technika fejlődésének egy alacsony felső határára, amikor a természet minden lényeges vonását ismerik és használják. Lehet, hogy ez a határ annyira alacsonyan van, hogy a csillagközi repülés, akár automata űrhajóval is ritkaságnak számít. Még magas technikai felső határ esetén is talán valamennyi űrrepülést automata űrhajók hajtanak végre. Elképzelhetetlen ugyanis, hogy magas intelligenciájú lények fényéveket utazgatva élék le az életüket, hogy más bolygórendszerekkel ismerkedjenek, amikor pedig űrtechnikai ismereteik azt is lehetővé tennék számunkra, hogy fejlett számítógépeik dolgozzanak helyettük.

Abban az esetben, ha a technikai fejlődés felső határa nagyon magasan van, vagy nem is létezik ilyen határ, és az alkalmazható tudás korlátlan lehetőségei rejlenek a természetben, akkor szerintem Galaxisunk ma már nagyrészt gyarmatosítva van. Ha viszont alacsonyan van a határ, akkor sok technikai civilizáció kijuthat ugyan az űrbe, és felfedezheti saját bolygórendszerét, de a csillagokhoz sohasem fognak eljutni. Azt hiszem, ez lehet a legjobb válasz kulcsa. Ha a csillagközi utazás mindennapos gyakorlattá, rutintevékenységgé válhat, akkor „be vagyunk kerítve”, azaz gyarmatosították a Galaxist. Ha nem, akkor jelenlegi ismereteink fényében csak arra tudok gondolni, hogy az ETI-k igen kevesen vannak, és nagy távolságok választják el őket egymástól, mert ritka és egymástól távol van az olyan bolygó, amelyen megvannak az élet kialakulásának feltételei. A mikroorganizmusok születése és a technikai civilizációt teremtő első faj, az ember megjelenése között néhány milliárd év telt el, és feltételezhetjük, hogy a világegyetem más részein a többi civilizált lény is körülbelül ennyi idő alatt fejlődhetett ki.

Akkor hát miért nem találjuk annak a jeleit, hogy gyarmatosították a Naprendszert? Az aszteroidok csábító építőanyag-forrást kínálnak az

ETI-kolóniák építésére: rengeteg van belőlük, s egy napon nekünk is rendelkezésünkre állnak majd; a Mars és a Hold felszíne olyan érintetlennek látszik, mint a szűz hó. Talán azért maradtak meg eredeti állapotukban, mert nagyon ritkák a miénkhez hasonló bolygók. Lehet, hogy szándékosan nem háborgatják Galaxisunk ama ritka bolygórendszereinek a lakóit, amelyekben új technikai civilizációk jöhetnek létre. Az ETI-k saját tapasztalataikból is tudhatják, hogy a technikai civilizációt teremtő új fajok csak úgy maradhatnak fenn és fejlődhetnek tovább, ha kivándorolnak az űrbe. Talán azért hagyták meg nekünk a Naprendszer összes építőanyagát, hogy legyenek forrásaink a kivándorlás során felmerülő szükségleteink fedezésére. Amint O'Neill is rámutatott, a Naprendszerben található készletek a következő 5000 évben biztosíthatják civilizációnk folyamatos növekedését. Ez az idő talán elegendő is lenne a társadalmi és politikai stabilitás megteremtésére, a tudomány és a technika fejlesztésére olyan szintre, amely már lehetővé teszi kilépést a csillagok felé. Enélkül civilizációnknak talán sohasem adatna meg a csillagközi utazás lehetősége.

Gyakran felvetődik a kérdés: „Ha egy ilyen fejlődésvonal a múltban nyilvánvalóan gyarmatosításhoz vezetett, hogyan lehetséges, hogy ennek semmi jelét nem tapasztaljuk a Naprendszerben?”

Szerintem a probléma megközelítésének az a legjobb módja, ha a Galaxison kívülre képzeljük magunkat, és így próbáljuk megtalálni a választ. Képzeljük el, hogy egy dolog kivételével ugyanazt tudjuk, mint ma; egyedül arról nincs tudomásunk, hogy az emberi lények vajon kimutatták-e a Naprendszerben vagy a közeli csillagokban a gyarmatosítás bizonyítékait. Vajon azt a következtetést vonjuk-e le, hogy bizonyos civilizációk fejlett technika és csillagközi utazás birtokában néhány milliárd év alatt gyarmatosították a Galaxist, vagy inkább azt, hogy nem történt széles körű kolonizáció? Azt hiszem, arra jutnánk, hogy az előbbi alternatíva, a gyarmatosítás a valószínűbb.

Most gondoljuk azt, hogy miközben még mindig a Galaxison kívül elmélkedünk, egyszer csak megkapjuk az előttünk addig ismeretlen információkat: az emberi lények Földön kívüli intelligencia létezésének semmi nyomát nem találták. Vajon ez az új ismeret megváltoztatná-e eredeti következtetésünket? Ezt annak jeleként értékelnénk-e hogy a Galaxist mégsem gyarmatosították az elmúlt néhány milliárd év alatt, vagy annak jeleként, hogy ezeknek az emberi lényeknek néhány évtizedes űrtechnikája (és a modern csillagászat valamennyi eszköze és módszere) még nem elég fejlett ahhoz, hogy meglelje a bizonyítékot? Úgy gondolom, hogy a legtöbben az utóbbi változatra szavaznának — a bizonyíték ott van, de még nem találtuk meg —, nem pedig arra, hogy egyáltalában nem létezik bizonyíték. Persze ha a csillagközi utazás nem mindennapos dolog, akkor az ETI-k valószínűleg több ezer fényévnnyire vannak egymástól, és sohasem látogathatják meg egymást.

Emlékszem, évekkel ezelőtt megkérdeztek a televízióban három csillagászt a világegyetem eredetéről. Akkoriban a csillagászok körülbelül fele-fele arányban az „ősrobbanás” (Big Bang), illetve az „állandósult állapot” elmélet hívei voltak. A rendelkezésre álló megfigyelési eredmények elégtelensége folytán nem tudták eldönteni a kérdést. Az egyik csillagász az előbbi, a másik az utóbbi változat mellett foglalt állást, és heves vitát folytattak arról, melyik az igazi. Egy idő után a riporter odafordult a harmadik csillagászhoz, aki mindaddig hallgatott, és megkérdezte tőle, szerinte melyik elmélet a helyes. „Az, amelyikre még nem is gondoltunk” — felelte a tudós. Ez volt az a pillanat, amikor értelmünk szilárd talajra lépett.

Ha végigtekintünk a tudomány történetén, úgy érezzük, hogy a harmadik csillagász véleménye áll a legközelebb az igazsághoz. Lehet, hogy a mi esetünkben is így van ez. Talán még eszünkbe sem jutott a Fermi által feltett „Hol vannak a többiek?” kérdésre adandó helyes válasz. Ha önnek eszébe jut, nyájas olvasó, írja meg nekem!

A SETI-vel foglalkozó olvasmányok és szervezetek

- Allen, J. — Nelson, M.: *Space Biospheres*. Arizona, Synergetic Press Inc., 1986. — Tömör beszámoló a Holden és a Marson létesítendő, állandó emberi lakóhelynek alkalmas, zárt ökoszisztémák témakörében folyó kutatásról.
- Asimov, I.: *Extraterrestrial Civilizations*. N. Y., Crown Publishers, 1979.
- Baird, J. C.: *The Inner Limits of Outer Space*. University Press of New England, 1987. — Egy pszichológiai professzor összefoglalása a SETI-ről. Megvizsgálja a kutatókat motiváló emberi tényezőket, és megkérdőjelezi egyes állítások érvényességét.
- Billingham, J.: *Life in the Universe*. The MIT Press, Massachusetts, 1979. — A NASA megrendezésében, 1979-ben lebonyolított „Élet az univerzumban” című konferenciára benyújtott (esetenként szakmai témájú) dolgozatok terjedelmes gyűjteménye.
- Bracewell, R. N.: *The Galactic Club*. W. H. Freeman and Company, 1975.
- Goldsmith, D. — Owen, T.: *The Search for Life in the Universe*. Benjamin/Cummings, California, 1980. — Bőségesen illusztrálva.
- Horowitz, N. H.: *To Utopia and Back — The Search for Life in the Solar System*. W. H. Freeman and Company, 1986. — A NASA-kutatások egyik vezetőjének munkája. Az élet lehetőségeit vizsgálja a Naprendszer más részeiben.
- McDonough, T. R.: *The Search for Extraterrestrial Intelligence — Listening for Life in the Cosmos*. John Wiley & Sons, New York, 1987. — Bőségesen illusztrálva.
- Morrison, Ph. et al. (eds): *The Search for Extraterrestrial Intelligence*. A NASA kiadása, 1977. — A kaliforniai Ames Kutatóközpontban rendezett SETI-tanácskozás eredményeinek ismertetése. Szakmai anyag.
- O'Neill, G. K.: *The High Frontier*. William Morrow of New York and Corgi Books, 1976. — Az a tudós ír a világűr gyarmatosításáról, aki kimutatta, hogy űrgyarmatok nem csupán a sci-fiben létezhetnek. A téma részletes, de nem szakmai igényű tárgyalása.
- Papagiannis, M. D. (ed.): *The Search for Extraterrestrial Life: Recent Developments*. D. Reidel Publishing Company, 1985. — A Boston Universityn 1984-ben tartott szimpózium jegyzőkönyve. Ez a hatalmas gyűjtemény néhány szűken szakmai témájú dolgozatot is tartalmaz, és több nézőpontból vizsgálja a Földön kívüli intelligencia kutatásának kérdéseit.
- Regis, E. Jr.: *Extraterrestrials — Science and Alien Intelligence*. Cambridge University Press, Cambridge, 1985. — Első kiadású, illetve másodközlésben publikált cikkek gyűjteménye.
- Ridpath, I.: *Messages from the Stars*. Fontana Books and Harper & Row, New York, 1978.
- Sagan, C. (ed.): *Communication with Extraterrestrial Intelligence*. The MIT Press, Massachusetts. — A szovjetunióbeli Byurakan Asztrofizikai Observatórium szimpóziómán ismertetett dolgozatok gyűjteménye.
- Sagan, C.: *Cosmic Connection*. Anchor Press and Hodder & Stoughton, 1973.

Sagan, C.: *Cosmos*. Random House and Futura, 1980. — Az azonos című tévésorozat könyvváltozata. Minden SETI iránt érdeklődőnek ismernie kell ezt az élet és az univerzum természetével foglalkozó kötetet.

Az űrkutatást és a SETI-t támogató szervezetek listája

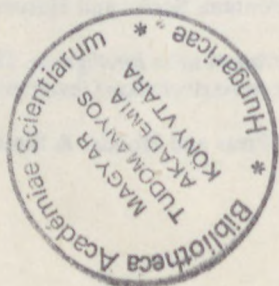
British Interplanetary Society, 27/29 South Lambeth Road, London, SW8 1SZ. — Az űrhajózás és az ehhez kapcsolódó tevékenység pártolása már régen ismertté tette a szervezet nevét. Havonta magazint, negyedévente pedig szakmai lapot jelentetnek meg. Időnként mindkét kiadványban napvilágot látnak a SETI-vel és a rokon területekkel foglalkozó írások.

National Space Society, International Space Center, 922 Pennsylvania Avenue, S. E., Washington, D. C. 20003. — A Naprendszer kutatását és az űrtechnika alkalmazását szorgalmazzák. A jelenleg folyó kutatás éppúgy érdekli őket, mint a jövőre vonatkozó tervek. Havonta megjelenő képes magazinjuk a „Space World”.

The Planetary Society, 65 N. Catalina Avenue, Pasadena, CA 91106. — Aktívan támogatják a SETI-t és a Naprendszerben végzett kutatást. A szervezetnek világszerte több mint százezer tagja van. Évente hat alkalommal jelentetik meg a „The Planetary Report” című képes magazinjukat.

SETI Institute, 101 First Street, # 410, Los Altos, California 94022. — Az 1984-ben létrehozott intézet, támogatja a földön kívüli élet — különösképp az értelmes élet — kutatását és az ehhez kapcsolódó tevékenységeket.

Space Studies Institute, P.O. Box 82, Princeton, New Jersey 08540. — Alapítója, Gerard O'Neill mutatta ki először, hogy az űrkolóniák a gyakorlatban is megépíthetők. Az intézet támogatja az űrgyarmatosítás technikájával kapcsolatos kutatóprogramokat, és saját lapot ad ki.



Edward Ashpole

A Földön kívüli értelem kutatása

Ha sikerülne értelmes életre bukkannunk valahol a világegyetemben, az az emberiség történetének egyik legizgalmasabb eseménye lenne.

A rádiócsillagászok olyan bizonyítékokat keresnek, amelyek alátámaszthatják a Földön kívüli értelmes élet létezését; tevékenységük angol elnevezésének rövidítése: SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence = a Földön kívüli értelem kutatása). Ez az időszzerű, elgondolkodtató könyv ennek a kutatásnak a biológiai, csillagászati és filozófiai háttérét világítja meg. Ma rádióteleszkópok pásztázzák a csillagos eget, és az adatokat nagy teljesítményű számítógépek segítségével értékelik ki a szakemberek. Így a kutatás jóval átfogóbb, hatékonysága pedig több ezerszerese a korábbinak. Az USA Űrkutatási Hivatalának (NASA) SETI-programja keretében ötéves előkészítő munka után kezdték meg a megfigyeléseket, és egyidejűleg 8 millió rádiócsatornát tudnak figyelemmel kísérni. A Harvard Egyetemen végzett kutatás is hasonló nagyságrendű. A tudósok a világ minden táján kiveszik a részüket az egyre intenzívebb, egyre növekvő mértékű megfigyelésekből és elméleti kutatómunkából, így Franciaországban, Németországban, Japánban, Magyarországon, a Szovjetunióban, az Egyesült Államokban és Nagy-Britanniában.

A témával foglalkozó szakirodalom — fizikusok és csillagászok művei — elsősorban csillagászati szempontból közelít a tárgyhoz. Edward Ashpole műve a SETI biológiai vonatkozásait hangsúlyozza, amivel az elmúlt 25 év során foglalkozott. A napilapok tudományos rovatai, a magazinok és a szakfolyóiratok rendszeresen közlik a szerző cikkeit, amelyek a biológia alapjaival, a csillagászzal és az űrkutatás tudományos eredményeivel foglalkoznak. Ehhez a fontos, képzeletünket megfogó könyvhöz is Ashpole sokéves, több száz közleményt eredményező kutatómunkája szolgáltatja a háttérinformációt.

Ára: 380,- FT

Mely bolygókon fejlődhet ki az értelmes élet?

Az idegen intelligencia kutatása

Az ősidők asztronautái... meg effélék

Elérhetik-e az ETI-k a Naprendszert?

A gyarmatosítási tényező

Idegen szondákat keresünk

Kutatás — más módszerekkel

A SETI és az ember helyzete

A SETI-vel foglalkozó olvasmányok és szervezetek

Edward Ashpole · A Földön kívüli értelmen kutatása

5079Z