

Gyimóthy Gábor (Zollikoberg/Svájc):
A nagy kérdés: világkeletkezés

Valamelyik kedvenc íróm így kezdi regényét, vagy fejezetét az egyik könyvében: *Töredelmesen bevallom, hogy nem csak...*

Na igen. Töredelmesen bevallom, hogy nem csak egy nagy kérdés van, hanem sok. Azok közül kettő olyan, amelyeket nem csak egy írásomban feszegetek és nem csak én feszegetem, hanem rengetegen, nem csak évtizedek, de évszázadok óta. (Elég a *nem csak*-okból!) Az egyik kérdés, hogy hogyan keletkezett az élet? A másik, hogy van-e élet a Földön kívül?

Fejezzem be az írást azzal a nagyon őszinte és nagyon igaz válasszal, mindkét kérdésre, hogy: **Nem tudjuk?** Igen, ha tisztességes lennék, ezt kellene tennem és befejezhetném az írást azonnal (amely csupán jobb kezem mutatóujjával zajlik). De ki állít olyat rólam, hogy tisztességes vagyok? Még magam se, pedig jól tenne az *imidzsemnek* (hogy mai magyarral fejezzem ki magam).

A tények:

- 1) A Földön van élet.
- 2) A Földön egyetlen egyfajta élet van, amely az RNS-re, DNS-re épül, vagy azon alapul.
- 3) A Földre zuhanó meteoritok némelyikében találtak aminosavakat, de élőlényeket, vagy azok kövületeit még soha.
- 4) A Földön, tudtommal 70 éve folynak kísérletek arra vonatkozóan, hogy milyen feltételek, körülmények kellenek ahhoz, hogy közönséges elemekből, vagy mindenütt található alapvegyületekből élet keletkezzék. És mindjárt az elején, azaz 1953-ban igencsak kecsegtető sikerrel jártak, mert aminosavak keletkeztek a lombikban, aránylag kevés anyagból és kevés bűvészkedés eredményeként.
- 5) Az aminosavak a fehérjék építőkövei és ezért az élet építőkövei is.
- 6) Amiről azonban nem nagyon hallunk, vagy olvasunk: hogyha az aminosavak az élet téglái, akkor egy élő sejt olyan ház, amely – bár téglákból épült – pincéje van, szobái vannak, padlása van, el van látva fűtéssel, vízvezetékkel és elektromos hálózattal. Azaz, olyan messze van az egyszerű téglától, hogy nem is keresek rá hasonlatot, mert még a legjobb hasonlat is nagyon sántítana. Ugyanis ennek olyan háznak kellene lennie, amely képes lenne a környezetében található anyagokból egy **önmagával azonos házat építeni!**
- 7) Más csillagok körül is keringenek bolygók. Ebben mindenki biztos volt, valószínűleg azóta, amióta tudjuk, hogy a csillagok a Napunkhoz nagyon hasonló égitestek, de 30 évvel ezelőtt még nem volt rá bizonyíték. Ma már van. **Pillanatnyilag** már több mint 5500 exobolygóról tudunk.

Megjegyzés: Az exobolygók fölkutatása 1995 óta folyik. Erre két lehetőség van. Az egyik módszerrel a csillag fényességét figyelik és annak csökkenéséből „fülelik le” a bolygót, amely ezt a fényességcsökkenést okozza, amikor áthalad a csillaga előtt. Könnyen elképzelhető, hogy ez milyen műszertechnikai csoda-teljesítmény. Ha a bolygó átmérője egytizede az anyacsillaga átmérőjének, akkor áthaladásakor a csillag századrészét fedi el, azaz, csupán egy százalék fénycsökkenést okoz. Világos, hogy így a csillag méretéhez viszonyítottan kis bolygók alig fedezhetők föl. És az is teljesen világos, nagy szerencse kell ahhoz, hogy a bolygórendszert pont a bolygó keringési síkjában lássuk. A másik módszer a Doppler jelenségen alapul. Két égitest, ha egymás körül kering, akkor közös súlypontjuk körül keringenek, azaz, a bolygó keringése az anyacsillag körbetántorgását okozza. Ezáltal a csillag (vagy csak egyik oldala) hol közeledik felénk, hol távolodik, ami a színpéneke váltakozóan, hol kék-eltolódását, hol vörös-eltolódását eredményezi. Világos, hogy ezzel a módszerrel is főleg csak a nagy bolygók leplezhetők le. Itt azonban előny, hogy a csillagra nem kell

pontosan a bolygó keringési síkjában rálátnunk, egy kis szögeltérés megengedhető. A tántorgás akkor is fölfedezhető, ha a bolygó nem halad át a csillaga arculata előtt, tehát nem okoz takarást. A legjobb eset, ha mindkét módszer egyszerre alkalmazható, mert akkor a fénycsökkenésből megállapítható a bolygó mérete, a tántorgás mértékéből pedig a tömege. A két értékből kiszámítható a bolygó „fajsúlya”. Kiderül, hogy „könnyű” gázbolygó-e, mint a Jupiter, vagy tömör „kőbolygó”-e, mint a Föld. Az exobolygó kutatás óriási sikereket ért el, „röpke” 28 év alatt. Igenám, csak amiről sosem hallunk, hogy milyen kicsi lenne az esélye a Földet (azaz, egy hasonló bolygót) fölfedezni a Nap előtt (azaz, egy hasonló csillag előtt), ha a kettő között a valós távolság (azaz, 150 millió kilométer) tátong?

Számoljunk egy kicsit. Naprendszerünkre a távolból ráláthatunk merőlegesen fölülről és merőlegesen alulról is. A két szemszög között 180 fok van. Minket azonban a kettő közötti rálátás érdekel, mert szeretnénk a Föld Nap előtti áthaladását megfigyelni. És az is érdekes, hogy mekkora a megfigyelésben a megengedett szögeltérés, ahonnan nézve a Föld még éppenhogy a Nap előtt menne el? Ha jól számoltam, 7 fok. 7 fok lefelé, 7 fok fölfelé, összesen 14 fok, amely a 180 fok tizenharmad része. Tehát az esélyem, hogy a Naprendszerünket éppen a megfelelő szögben csípem el 1:13-hoz. Mondjuk, hogy szerencsémre éppen a 14-fokos szögtartományból nézem a Napot. Kérdés, mekkora az esélye annak, hogy a Föld éppen a Nap arca előtt látható? Másodpercenként 30 kilométert teszünk meg a Nap körül, ami – véve a Nap átmérőjét – azt jelenti, hogy távolról nézve 13 óráig tart a Föld áthaladása, és ez évenként egyszer fordul elő. Ez a 13 óra az évnek 673-ad része. Vagyis 1:673-hoz, hogy a Föld pont a Nap előtt lenne egy fényképen. Az esély valójában kisebb, mert ez a szám csak akkor érvényes, hogyha pontosan a keringési síkban nézünk, mert csak akkor megy át a Föld a Nap-korong közepe előtt. Följebb, vagy lejjebb az áthaladása 13 óránál kevesebb ideig tart. Mégis vegyük ezt a legjobb esélyt és szorozzuk össze a szerencsés rátekintési szög esélyével: 8775-öt kapunk, azaz, 1:8775-höz, hogy a Föld egy fényképen a Nap előtt legyen. De ez még nem elég. Olyan fénykép is kell, amelyen a Föld éppen nincs a Nap előtt (és persze másik bolygó sincs előtte).

Ehhez ismerni kell egy kicsit a fölfedezés módszerét. Van a TESS (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*), amely, mint a bolond, fényképezgeti az eget. Lefényképez egy négyzetet, amely – felőle nézve – 24°-szor 24°. Aztán továbbfordul és lefényképezi a következő négyzetet. Ezt csinálja az egész éggel és ha befejezte, kezdi előlről. Így, az egyes négyzetekről több fénykép készül. Kiértékelik a TESS képeit, és ha az egyik csillag két felvételen különböző fényességet mutat, ráuszítják a CHEOPS-ot (*CHaracterising ExOPlanets Satellite*), amely űrtávcső figyeli egy darabig a gyanús csillagot. Na, most akkor képzeljük el a fölfedezés reménytelenségét a Föld esetében. A Nap-átmérő több mint százszorosa a Föld-átmérőnek, ami azt jelenti – hogyha tényleg sikerült a TESS-nek két fényképet készítenie a Napról úgy, hogy az egyikén éppen rajta van a Föld is – a két kép kevesebb, mint **egy-tízezred** fényesség-különbséget mutat! Nem hiszem, hogy ez ma már észlelhető lenne, de mondjuk, igen. Akkor a CHEOPS-nak esetleg egy évig kellene figyelnie a Napot, hogy lássa, tényleg áthalad-e valami a Nap előtt. Mellesleg, azt hiszem a CHEOPS már nem működőképes.

8) Könnyen lehet, hogy a szó szoros értelmében **maholnap** (a *James Webb* űrcsillagvizsgáló jóvoltából) találunk olyan exobolygókat, amelyeknek légkörében az életre utaló gázok vannak, például oxigén, vagy metán, lehetőleg mindkettő. Ez, bizonyíték még nem nagyon lenne, de azt mutatná, hogy azokon a bolygókon, az általunk ismert életfajta létezhet.

9) „Olyanfajta” életről, amely másmilyen, mint az itteni, az általunk ismert élet, nem tudunk. (És szerény magánvéleményem szerint marhaság az ilyenek a létezéséről egyáltalán álmodozni is. Untig elég csoda a „minkfajta” életünk, nincs még „mellécsoda” is. Ha lehetne ilyen, akkor létezne a Földön is!)

10) Magasan fejlett életről, azaz, hozzánk hasonló technikai társadalomról – bár álmodozunk, de – nem tudunk! Ismerős Fermi paradoxonja? Ő 80 évvel ezelőtt kérdezte, hogy hol vannak az idegen értelmes lények? Miért nincsenek még itt? Hiszen a Tejútunkban vannak több mint kétszer olyan öreg csillagok, mint a Napunk. Egy, azok körül keringő „Földön” **ötmiliárd** évvel lehetne fejlettebb a technikai civilizáció, mint a miénk! Hol vannak?

11) Lehetetlen elképzelni egy (hozzánk hasonló) technikai társadalmat, amelynek bizonyos fejlődési fokán, ne szöktek volna meg a bolygóról rádió-, vagy tévéhullámok, olyanok, amelyekről rögtön látni lehetne, hogy nem természetes eredetűek. Ilyen jeleket eddig nem sikerült fognunk. Mi ezt a fokot 100 évvel ezelőtt értük el.

12) Mai, tudományos becslések szerint nyolcmiliárd olyan szerencsés helyzetű és a Földhöz nagyon hasonló bolygó van a Tejútunkban, mint a Föld. Hogy ilyesmire létezik tudományos becslés, az annak a jele, hogy az eddig megismert exo-bolygórendszerek tanulságai ilyesmit már megengednek. De, mert csupán becslés, a szám lehetne tízszer ekkora is, vagy csak tizedrész ekkora.

13) Mint ahogy egy csillagászó írásomban már mondtam: ha 100 éve vagyunk „lehallgathatók”, viszont 3,8 milliárd év óta létezik a Földön „nem lehallgatható” élet, akkor a viszonyszám 38 millió. Tehát (ez persze durva számolás) 38 millió, már életet hordozó bolygó közül, csak egyen van esélyünk technikai civilizáció fölfedezésére. Ha most a 12. pontban említett becslésnek a tizedrészét veszem csak – ami 800 millió – akkor is 21 technikai civilizációnak kellene lennie közöttük. Hol vannak?

14) Tudtommal 60 éve kutatnak rádiójelek után, eddig hiába. Igaz, a lehallgató műszereink nem mindenhatók, a jelek ezer hullámhosszon, és ráadásul szinte végtelenül sok irányból jöhetnek. De mégis! 60 év nem kis idő, és az óriási hallgatás, a **nagy csönd**, azt mutatja, hogyha talán lapul is valahol egy-két ilyen társadalom, semmi esetre sem nyüzsögnek a Tejúton belül.

Megjegyzés: Mindenki hallott már a SETI-ről (*Search for Extraterrestrial Intelligence*), ahol rettenetesen nagy erőbedobással, „fölhajtással” üldözik a távoli, értelmes lények esetleg létező jeleit. Amiről azonban soha egy szót se hallunk és olvasunk: milyen a teljesítő képessége a műszereinknek? Vajon a mai műszereinkkel tudnánk-e fogni 100 fényév távolságban a tőlünk 100 éve megszökő és feltehetően rém „halvány” jeleket? Mert ha a SETI csak olyan, remélt jelekre vadászik (olyanokat tud csak érzékelni), amelyeket valahonnan szándékosan és erősen nyaláboltan küldtek felénk, akkor még sokáig várhatunk az eredményekre...

15) A szomszéd tejutak olyan messze vannak, hogy értelmes lények jeleinek kutatása szempontjából, nyugodtan tehetünk úgy, mintha nem is léteznének. A csillagászat számára lehetnek nagyon érdekesek, de a földönkívüli élet kutatására teljesen hasznavehetetlenek.

Ennyit tudunk ma. Most gyűhet az okoskodás.

Rendkívül agyafúrt kísérletek folynak, rendkívül jól felszerelt laboratóriumokban annak kiderítésére, hogy mi az, ami maguktól keletkező, bonyolult vegyületeket (például aminosavakat) olyanirányú továbbfejlődésre készítet, hogy az egyszer csak már élő anyag. Ezek a kísérletek – ha jól tudom – annyira reménytelenek, hogy egyre inkább úgy tűnik, az életet **teremtették**, vagy az önmagától való keletkezése elképesztően **ritka véletlennek** köszönhető csoda.

Nézzük a teremtést, ami egyáltalán nem zárható ki, de kell hozzá egy földönkívüli, földöntúli lény, aki képes ilyesminek a teremtésére. Ilyen lénynek a létezése hit kérdése. Már csak azért is, mert nagyon úgy tűnik, hogyha meg is teremtette az életet, utána nem sokat törődött vele. Ugyanis a ma létező élet követhetően, önmagától zajló fejlődés eredménye. Az is kérdezhető, hogy ha már teremtés, akkor a kezdet miért olyan alacsonyfokú, hogy szinte még élettelen anyag? Ez, bármilyen buta kérdés, a nagyon „kezdetleges kezdet” inkább utal egy önmagától bekövetkezett eseményre. Igaz, hogy a mai élőlények kialakulása terén még van néhány megoldatlan kérdés, de ezek fogyatkozóban vannak. Ne képzeljük folyton azt magunkról, hogy már a tudományokban egyáltalán elérhető csúcson vagyunk,

azaz, hogy **ma már** mindent tudnunk kellene. Részemről azt tartom rejtélyesnek, hogy bizonyos élőlény fejlődések, „élőlény átalakulások” túl gyorsan zajlottak le ahhoz, hogy az csupán a véletlen mutációk, és a természetes kiválasztódáson alapuló folyamattal lenne magyarázható. Példa erre a bálnafélék, delfinek tökéletes átalakulása a vízi élethez, valami szárazföldi, négylábú állatból. Ám lehet – ez a sejtésem – hogy a vírusok szerepét ezekben a folyamatokban eddig nem nagyon kutattuk, vagy ha igen, lebecsültük a hatékonyságukat. Amik ugyancsak az élettől való nemtörődésre utalnak, az iszonyatos csapások, amelyek a földi életet érték az utolsó ötszázmillió évben. Ha valaki teremtette az életet, akkor talán ezeknek a csapásoknak az elkerülésére is képes lehetett volna. Ám, ha hiszünk egy teremtetben, aki még mindenható is, oktalanság kérdőre vonni cselekedeteit, vagy nem-cselekedeteit. Ezt a gondolatot folytatva, ha a Földön teremtetett életet, akkor bárhol máshol is teremthetett, céltalan és nevetséges a további találgatás.

Ugyanakkor, az élet „önmagától való keletkezése” – miután gőzünk sincs róla, hogy az hogyan történhetett – ugyancsak hit kérdése. Volt egy hittantanárom, aki természetesen az élet teremtésében hitt. Úgy próbálta szemléltetni az élet önmagától való keletkezésének lehetetlenségét, hogy zacskóba rakott óraalkatrészekről beszélt, amelyeket hiába ráznánk nagyon sokáig, az óra nem szerelődne össze csak a rázogatótól. A hasonlat viszonylagosan jó.

Csak annyiban sántít, hogy az óra fogaskerekei nem keresik a csapágyaikat, hogy beléjük férközhessenek, az elemek viszont pont ezt teszik. Bizonyos körülmények között keresik egymással a kapcsolatot. Azonban azt is látjuk, hogy ez a vegyülekenység valahol lelankad és megáll. Több kísérlettel is eljutottak az aminosavakig, és a meteoritokban talált aminosavak is azt mutatják, hogy a világűr durva viszonyai között is kialakulhatnak „önműködően”, de aztán hogyan tovább? A főnti példa a téglával és a házzal azt mutatja, hogy az aminosavaktól még nagyon messze van az élő sejt. Mindez igaz, de ne felejtjük el, hogy a laboratóriumokban folytatott kísérleteknél mindig csak feltételezett körülményekből indulnak ki. Ilyen körülmény végtelenül sok lehet és végtelen kísérletet még nem játszottak le. Vagy éppen valami egészen lényeges dolgot hagynak ki, amiről el sem tudják képzelni, hogy valahol valamilyen szerepet játszott. És esetleg pont az a valami a kulcsa a problémának. Hihetetlen sok kapcsolat, folyamat, meghatározó, véletlen esemény lezajlására volt idő évmilliókig. Mindannak megismétlése laboratóriumokban nem néhány évtized munkája. Azonban az eddigi meddő kísérletezés azt mutatja, hogy az 50 évvel ezelőtt fölített kérdés, hogy az élet keletkezése szükségszerű következménye volt-e az elemek és vegyületek „veleszületett” tulajdonságainak, vagy pedig valami örült véletlen volt-e, egyre inkább az örült véletlent tűnteti valószínűbbnek. Itt persze meg kell jegyezni, hogy akik a teremtés hívei, azaz inkább abban hisznek, tekinthetik az élet keletkezését úgy is, hogy bár azt **nem** teremteték, viszont az elemek tulajdonságait (amelyek lehetővé tették az élet akár véletlen, akár szükségszerű létrejövetelét) **igen**.

A kérdés, hogy az élet itt a Földön alakult-e ki, vagy valahogy idehurcolódott a világűrből, teljesen érdektelen, ha azt kérdezzük, hogy **hogyan** keletkezett? Ha nem itt keletkezett, akkor hogy? keletkezett ott, ahol keletkezett? Bár egyre inkább hajlamos vagyok azt hinni, hogy a keletkezése örült véletlen, annyira nem tudunk semmit a keletkezésének lehetőségeiről, hogy a „szükségszerű” keletkezést sem zárhatjuk ki, tarthatjuk lehetetlennek. Ezesetben kimondhatjuk, hogy minden, erre megfelelő bolygón nyüzsg az élet. És ugyanolyan joggal mondhatjuk ki, hogy sehol máshol nincs élet, csak itt a Földön, mert a keletkezése olyan véletlen volt, ami a Tejútunkban nem fordult elő még egyszer.⁵³⁶

⁵³⁶ V. Gordon Childe és tanítványa, Stuart Piggott egyenesen a civilizáció bölcsőjének tekintette a Kárpát-medencét. Lásd V. Gordon Childe: *The Dawn of European Civilisation*. New York, 1925, aki a Tordos–Vinča-kultúrát, amely fénykorában kitöltötte a Kárpát-medencét és a Balkánt, sőt még Kis-Ázsiában is vannak nyomai, összefoglalóan Duna-menti műveltségnek nevezi, Duna I. és Duna II. szakaszra osztva, mely utóbbi terjed Nyugat-Európa felé az újkőkorban; és Stuart Piggott: *Az európai civilizáció kezdetei. Az őskori Európa az első földművesektől a klasszikus ókorig*. Gondolat, Budapest, 1987. 43-44.

http://mumia.art.pt.e.hu/periszkop/Musorok/history/Stuart_Piggott.pdf. Piggott persze Nyugat-Ázsiát mond, de a Kárpát-medencéről ír, és szerinte bár az élet bizonyára igen gyakori, a civilizáció igen ritka lehet a világmindenségben. Ez a

Térjünk rá a Fermi-paradoxonra: hol a fenében vannak a hozzánk hasonló, technika bolondok? Ha az „őrült véletlenből” indulunk ki, akkor egyszerű a válasz: **nem léteznek!** Ha viszont abból indulunk ki, hogy mindenütt burjánzik az élet, ahol csak teheti, akár teremtetten, akár a szükségszerű, önműködő létrejövétel következtében, akkor a következő bökkenőbe ütközünk: Hol van az megírva, hogy az élet fejlődése – megintcsak szükségszerűen – egy technikai fenegyerek kinövelésébe torkollik? Mi lenne itt a Földön, ha az ember-irányú fejlődés megállt volna az Ausztrálopitekusznál, aki (vagy itt inkább az amely a helyes), nem lenne sokkal technikásabb fickó a csimpánzoknál?⁵³⁷ Nem lenne semmi! Ki hiányolna minket? Senki, helyesebben semmi.

Egyébként, főleg az emberré alakulásunk az, ami engem erősen kételkedtet egy teremtető tevékenységében. Ha valaki saját örömeire teremt egy értelmes lényt, örömét leli-e abban, hogy annak a lénynek legkedvesebb tevékenykedése az egymás elleni fegyverkezés és egymás nagy előszeretettel történő legyilkolása?⁵³⁸ Vagy olyan lenne, aki ebben tényleg örömét leli? Ilyen teremtetőben nem szeretnék hinni.

Tehát akkor élet lehet sok helyen, csak éppen magas színvonalú technikát használó lény nem fejlődött ki sehol... Hogy „nincsenek itt”, azt könnyű lenne megérteni, még akkor is, ha léteznének. A távolságok egyszerűen legyőzhetetlenek! Nagy csoda lenne, ha tudnánk olyan járműveket előállítani, amelyek elérnék a fénysebesség ezredrészét. Az pedig még a viszonylag közeli csillagokhoz is tíz-, húsz-, harmincezer évig tartó utazásokat jelentene. Ezt élettelen robotok sem bírnák ki. A kozmikus sugárzás és a mikrometeoritok szitává lőnék az egész társaságot az űrhajókkal együtt. És semmi értelme nem lenne az ilyen utazásoknak. Tehát ez érthető. Ami azonban teljesen érthetetlen, a nagy „rádiójeltelenség”. Illetve persze, nagyon is érthető – sajnos –, mégpedig úgy, hogy máshol, technikai társadalmak **nem léteznek...**

Megjegyzés: Volt valami tervezet, már nem emlékszem a nevére. Elméletileg kidolgozták egy kutató űrhajó, vagy inkább szonda lehetőségét a legközelebbi csillaghoz, a négy-egész-egynegyed fényévnnyire lévő Proxima Centaurihoz. A számolgatás komolyan vette magát, tehát nem lehetetlenségeken alapult. Egyedül az űrhajó hajtóműve lett volna olyasmi, ami ma még nem létezik, de erősen megvalósíthatónak tartják. Valami, atommag összeolvasztás energiáját használó ionsugár motorral haladt volna, azaz persze egyáltalán nem haladt volna, mert az egészet csak kíváncsiságból számolták: milyen lenne az a jármű (milyennek kellene lennie), amelyik tényleg működik? Ehhez – ha jól emlékszem – egy több mint 50 ezer tonnás herkentyűt kellene összeszerelni földkörüli pályán, amelyben maga az üzemanyag lenne 50 ezer tonna. Ezt fölgyorsítaná az ionsugármű a fénysebesség tizedrészénél jóval nagyobb sebességre, mert a feleúton megfordítanák a sugarat, hogy a megérkezésig lefékezzék a járművet józan sebességre. Ezzel a módszerrel 50 év alatt lehetne eljutni a csillaghoz. Ilyen őrültséget akkor lehetne csinálni, illetve akkor lenne érdemes, ha pontosan tudnánk, hogy a célcsoillag körül keringő bolygón pont olyan gazdagon burjánzik az élet, mint a Földön. Csak találomra odamenni és ott esetleg egy élettelen sivatag-bolygót találni, nem

gondolat visszaköszön Gánti Tibornál is, biológiai szempontú érvekkel alátámasztva. Lásd: Gánti Tibor (1989): *Kontra Crick avagy Az élet mivolta*. Gondolat, Budapest. 56-60. – A szerk.

⁵³⁷ Stuart Piggott és mestere, Gordon V. Childe szerint, akiket Cser Ferenc és Darai Lajos kutatásai kiegészítettek, a Kárpát-medencei több százezer év óta folytonos nép jelentősége éppen az, hogy a technikai civilizációt kifejlesztette. Az ebben az Acta-számban található Gyimóthy-féle magyar nyelvleckéztetés, azaz idegenszó irtás jelentősége innen érthető meg: az emberiség egésze érdekében kell megőriznünk ennek a csodás eredménynek a nyelvi alapját, ami még a jövőben is sokat nyújthat mindannyiunknak: A magyar nyelv nemzeti/emberiségi kincs és világörökség. – A szerk.

⁵³⁸ Cser Ferenc és Darai Lajos (több mai nagy tudósra, pl. Marija Gimbutasra hivatkozó) kutatásai szerint az erőszak viszonylag későn, a sztyeppe viszonyok között keletkezett és az első háborúkat, a három kurgán inváziót termelte. Lásd pl. Cser Ferenc, Darai Lajos: *Magyar folytonosság a Kárpát-medencében, avagy kőkori eredetünk és a sejti tulajdonság-örökítő kutatás*. Fríg Kiadó, 2005. Cser, Darai: *Kárpát-medence, vagy Szkítia?* Fríg Kiadó, 2008. Cser, Darai: A mellérendelő magyar társadalom kialakulása *Acta Historica Hungarica Turiciensia* 31. évf. 5. sz. 2016. https://epa.oszk.hu/01400/01445/00019/pdf/EPA01445_acta_hungarica_2016_5_0153-0297.pdf. – A szerk.

érné meg a fáradságot. Egy ilyen űrhajó megtervezése, fölépítése esetleg egy évszázadig is eltartana és az emberiség ráfizetné a gatyáját. Akkor már ezerszer hasznosabb lenne mindössze tizedrész ekkora erőbevetéssel űr-csillagvizsgálókat építeni. Mekkora kellett volna tervezni egy olyan űrhajót, amelyben emberek is ülnek? És mindez a leges-legeslegközelebbi csillagig, amely négy fényévnél alig van távolabb! A legtávolabbi a Tejútunkban 75 000 fényévnire lenne...

Egy másik lehetőség, hogy léteznének szegények, azaz, hogy az élet fejlődése „szükségszerűen” vezetne a technikát használó lényekhez, csak eddig, a Földön kívül sehol nem adatott meg elég hosszú idő a nyugodt fejlődéshez. Nekünk erre, valami borz méretű, földalatti lukakban élő lénytől kezdve 66 millió év, viszonylagosan nyugodt, „békés” idő állt rendelkezésünkre. Nagy szerencsénk volt eddig. Hihetetlenül sok, szerencsés esemény, körülmény kellett (és kell!) ahhoz, hogy itt létezzünk a Földön. Ismerős és jogos a kérdés: lehetett-e ez a szerencse sorozat véletlen? A válasz is egyszerű. Hasonló bolygók milliárdjai esetében nem következett be ez a körülmény sorozat, de a mi esetünkben igen. Mi vagyunk azok a szerencsések, akik ezt a kérdést egyáltalán föltehetjük, mert létezzünk. Ha nem következett volna be minden pontosan így, egyszerűen nem léteznénk. A kérdés csak akkor lenne harapós, ha a Föld lenne az egyetlen bolygó a Tejútrendszerben, és azon minden így történt, ahogy történt. Egyszerűen tény, hogy a Föld éghajlata – amelybe minden mást is beleérték – kerek négymiliárd éve biztosítja itt az élet lehetőségét. Ha ez a folyamat nem is volt mindig a legmegfelelőbb, olyasmi nem fordult elő benne, amely az élet fennmaradását teljesen megakadályozta volna. Pedig ahhoz, hogy a hajunk égnek álljon, elég elképzelnünk, mi minden történhetett volna csak a Föld kalandos mozgása folytán. 2017-ben derítették ki, hogy a Föld napköri pályáját nagyon erősen befolyásolja a Jupiter és a Vénusz vonzereje, minek következtében 405 ezer évenként a szinte kör alakú pálya erősen elipszissé húzódik szét. Ez a folyamat a két pályaalakzat között természetesen ismétlődik. Ez önmagában talán még nem okozna súlyos éghajlatváltozásokat, de ehhez hozzájön a földtengely körbetántorgása, a precesszió. Az asztalon megpörgetett pörgettyű,⁵³⁹ amikor már nagyon lelassul a forgása, tántorogni kezd. Ezt teszi a Föld tengelye is, mert a Nap és a Hold vonzereje szeretné a tengelyének ferde állását kiigazítani úgy, hogy merőlegessé váljon a keringési síkjára. Ez elől a „helyrebillentő” erő elől a földtengely derékszögben tér ki, aminek a következménye, hogy a tengely kúp-palástot rajzol az űrbe. Ez a precesszió, amely 26 ezer év alatt tesz meg egy kört. Könnyen elképzelhető, hogy olyankor, amikor a földpálya „elipszisebb” a mostaninál, nem mindegy, hogy napközben a földtengely északi ága, vagy a déli ága mutat a Nap felé. Ilyesmitől függhet, hogy a Szahara borzalmasan száraz, örült nagy sivatag-e, vagy éppen szavannaszerű, vagy még annál is zöldőbb, virágzó terület. Ilyesmitől függhetnek a jégkorszakok is, amelyek egymilió éve kereken százezer évenként fordulnak elő.

De a Nap – és ezzel persze az egész Naprendszer – utazása a Tejút középpontja körül is hozhat csúnya meglepetéseket. Napunk 230 kilométert tesz meg másodpercenként ebben a keringésben, amellyel kereken 230 millió év alatt tesz meg egy kört. Am ez a keringés rém fura módon zajlik. Képzeljünk el egy hintát, amely a Tejút „vezérsíkjában” lóg a középpont felől, a rendszer széle felé, és a lengése merőleges a Tejút fő síkjára. Ráadásul kering a középpont körül. A hinta hol a fősík alatt lesz, hol fölötté, de mert kering, hullámvonalat rajzol az űrbe. Pontosan így utazunk a Napunkkal, ilyen hullámvonalban, 60 millió évenként keresztezgetve a Tejút fő síkját. De ez még nem elég. Napunk keringése és a Tejút spirálisalakú „csápjainak” keringése nem azonos sebességgel zajlik. Emiatt a Naprendszerünk 150 millió évenként kerül bele egy-egy spirális csápbába, ahol „szupernóvás” vidékeken haladhat át. 2,6 millió évvel ezelőtt, Földünkől mindössze 150 fényévnire szupernóva robbant. Ezt a megfelelő rétegekben található vas-60-as izotópból lehetett megállapítani. Egyes elméletek szerint ez a robbanás okozhatta a tengerben élő, nagy állatok – például a Megalodon – kipusztulását. Hogy erre miből következtetnek és miért pont a tengeri állatok sínylették meg ezt a csapást, azt nem tudom.

⁵³⁹ Avagy bűgőcsiga. – A szerk.

Mellesleg az óriási bálnák már 2,6 millió évvel ezelőtt is úgy lubickoltak a tengerekben, mint ma. Ami azonban nem csak elmélet, úgy tűnik, hogy 26 millió évenként nagy pusztulás zajlik a Földön. Ezt régebben úgy magyarázták, hogy esetleg van a Napnak egy távoli, eddig még föl nem fedezett kísérő csillaga, erősen nyújtott elipszis pályán, amely 26 millió évenként kerül viszonylagos napközelségbe. És ez a közelség elég az Oort-felhő üstököseinek megzavarására, amelyek elindulnak a mi vidékünk bombázására. Ezt ma inkább úgy képzelik, hogy 26 millió évenként kerülünk „csillagsűrűbb” vidékre, ahol ugyanúgy megzavarodhat az Oort-féle felhő üstököseinek békés hemzsege. Ma – szerencsénkre – legalábbis kozmológiailag, békés időket élünk: $2 \times 26 = 52 + 13 = 65$. 65-66 millió évvel ezelőtt volt a borzalmas pusztulás, amely talán egy ilyen pusztító szakasz közepe volt, és ezért most a „békés szakasz” közepén lennénk.

Végül a Föld kalandos utazásához még a Tejút mozgása is hozzájárul. 1977-ben állapították meg, hogy a Tejútunk másodpercenként 600 kilométert tesz meg. Igen ám, de mihez viszonyítva? Állítólag a 2,7 Kelvinfokos, mikro-rövidhullámú háttérsugárzás, álló világegyeteméhez viszonyítva. Az irány nem érdekes, mert nincs viszonyítható pont, amihez köthetnénk. A Tejút-csoportunk valamelyik tagjához kötni az irányt értelmetlen, mert a csoport tagjai is össze-vissza mozognak. Négy milliárd év alatt még a Tejútunkkal is átmehettünk kalandos vidékeken. Ki tudja? Tény: csoda, hogy létezőnk és, hogy létezhettünk.

Ám az eredeti vonalamtól már megint rettentően elkalandoztam.

Nagyon fontos lenne végre egy Mars expedíció, nem csak odaküldözgetett robot eszközökkel, amelyek alig tudnak okos eredményeket fölmutatni, ami az ottani élőlények létezését (vagy nem létezését) bizonyítanak. Ha a Marson nem találnának életet és az egykori életnek a jeleit sem, akkor az már **majdnem** bizonyíték lenne arra, hogy az élet örült véletlen folytán keletkezett. Ám, ha találnának ott életet, vagy kövületekbe zárt, hajdani életet, akkor az **majdnem** bizonyíték lenne az élet szükségszerű keletkezésének. Ugyanis, négymilliárd évvel ezelőtt, a Marson éppen úgy meglehettek a keletkezendő életnek kedvező körülmények, mint a Földön. Azonban, miután – ismételtlen hangsúlyozva – fogalmunk sincs arról, hogy az élet hogy’ keletkezhetett, talán nem is a Mars a legmegfelelőbb hely ennek kutatására. Vannak olyan elméletek, melyek szerint az élet nem a Föld felszínén keletkezett, hanem sokkal inkább a tenger fenekén serénykedő forróvíz források közelében. Ez nem zárható ki, és ha így lenne, akkor a legcélszerűbb lenne a nagy Jupiter-holdak (Európa, Ganimédész) jég alatti tengerében kutatni, vagy az Enceláduszon (Szaturnusz-hold), amelyen bizonyítottan létezik jégréteg alatti, meleg tenger. Csak hát az ottani kutatások lehetőségétől még sokkal távolabb vagyunk, mint az első Mars-expedíciótól.

E hosszú szövegem rövid értelme: a kezdetén föltett két kérdésre, **egyelőre** csak találgatásokkal tudunk válaszolni...

És még egy (néhány nappal ezelőtti) friss hír:

A csillag vörös törpe: K2-18 névvel. Bolygóját, a K2-18b-t már a Hubble-lal fölfedezték és gyanúsak találták. Most a James Webb-bel jobban megvizsgálták. A csillaga „élhető” (vagy „lakható”) sávjában kering és valószínűleg tenger fedi. Az ilyen exobolygókat újabban hiceán (hycean) bolygóknak hívják, amely műszó, a hidrogénből és az óceánból összekotyvasztva. Átmérője 2,6 földátmérő, tömege 8 földtömeg. Az ilyen bolygókat szuper-Földeknek, vagy szub-Neptúnuszoknak hívják. Úgy látszik a hiceán név csak akkor alkalmazható rájuk, ha az élhető sávban keringenek és folyékony víz van rajtuk. A csillag 124 fényévnire van. A bolygó légkörében találtak metánt és széndioxidot, ami az életre még nem feltétlenül bizonyíték. Viszont találtak benne dimetilszulfidot, DMS-t is, amit itt a Földön a tengerben élő planktonok termelnek. Ha ezt további mérésekkel igazolni sikerülne, akkor az már szinte tényleg az élet ottani létezését bizonyítaná.

Zollikerberg, 2023 XII. 23.

Hogy keletkezett az élet?

Itt nyüzsg az élet, ámde helyzetünk ügyetlen:
az, hogy hogyan keletkezett, még fölfedezetlen.
Hogy teremtés kellett hozzá, szinte hihetetlen...
Hogy magától keletkezett, csaknem lehetetlen...
Ha magától keletkezett, örült nagy véletlen?
Avagy szükségszerű volt, csak módja ismeretlen?
Eltűnődöm a talányon s kedélyem kelleetlen:
szeretnék biztosat tudni (még eltemetetlen)...

*

Óriási a világunk, majdhogynem végtelen,
de életünk itt a Földön teljesen védtelen...

Zollikerberg, 2023 XII. 14.

Függelék: Az előbbieket bővebben kifejtve

A következő tárgyköröket boncolgatom részletesebben, mint fentebb:

A Naprendszer keletkezése

Kisbolygók (aszteroidák) veszélye és esetleges elhárításuk

Exobolygók és felfedezési lehetőségeik

Van-e élet a Földön kívül, és ha igen felfedezhető-e?

Lehetőségek és marhaságok

Végül: szokásos elkalandozásaim, a jó ég tudja milyen területekre

Előzetes megjegyzés:

Miután ez nem az első szövegem a csillagászat különböző területeiről, sok mindent megírtam már, amit kénytelen vagyok itt is megírni, mert egyes jelenségek magyarázata a tudományt népszerűsítő filmekben és egyéb szövegekben (ez esetben a csillagászat terén) olyan botrányosan hanyag és hebehurgia, hogy láttukkor, hallottukkor rendszeresen kinyílik a bicska a zsebemben. Ezeket a dolgokat kénytelen vagyok újra, meg újra, érthetően és jobban elmagyarázni. Tehát bocsánatot kérek az ismétlésekért.

Csak egy példát említek. Mit jelent ez a gyakran hallott és csak nagyon ritkán megmagyarázott mondat: *A tömegvonzás föltüzesíti a bolygó* (vagy a bolygó körül keringő hold) *belsejét*. Ezt vajon hogy csinálja? Hát úgy, hogy az égitest – mint rendszerint – elipszis pályán kering, amitől hol közelebb van a csillaghoz (vagy a bolygóhoz, ha hold), hol távolabb, amitől a körülkeringett égitest tömegvonzása és az ellenkező irányban ható centrifugális erő hol erősebb, hol gyengébb. Ez valósággal tornáztatja (átgyúrja) a keringő égitestet. És hogy a tornászástól mennyire ki lehet melegedni, azt saját tapasztalatból tudjuk. Mint látjuk, a pongyola – meg nem magyarázó – mondat már ott vétkezik, hogy csak a tömegvonzást említi, a centrifugális- vagy hajítóerőt nem.

* * *

Viszonylagosan vidám gyerekkorom volt, és az a kor egy bizonyos téren nagyon boldog volt. Ez a bolygók akkori ismeretéből eredt, és abból a tudatból, hogy már léteznek rakéták, amelyek „túlújnak” a földi légkör határán. Igaz, ez utóbbi ismerethez a háború juttatott, mert hát sajnos az a rakéta fegyver volt és nem a bolygókra induló jármű. De ahhoz a boldogsághoz hozzátartozott, hogy még lehetett a Marson és Vénuszon burjánzó életben, sőt, civilizációban hinni és róla álmodni. És egyúttal már abban is lehetett hinni, hogy rakéták segítségével egyszer odamehetünk és megnézhetjük azt a burjánzást. Aztán – kicsit később – a rakéták oda is mentek, és szépen le is rombolták az álmokat.

Mi maradt? Egy indurka-pindurka remény, hogy a Marson találunk valami baktériumot, vagy ha nem is, legalább a kőületekben megőrzött nyomát. És még indurkább-pindurkább remény, hogy a Vénusz légkörében, ahol már nincs pokoli nyomás és hőség, lebeg valami kis élő parány. Na és persze, hogy majd az exobolygók...

1995-ig nem tudtuk, hogy valóban léteznek-e exobolygók, azaz olyan bolygók, amelyek nem a Napot, hanem más csillagokat kerülgetnek. Természetesen nem volt ember (szerintem), aki ezzel a tárgykörrel foglalkozott (olyan sem, aki csak műkedvelőként dugta bele az orrát), aki ne lett volna meggyőződve az exobolygók létezéséről, még mielőtt egyet is fölfedeztek volna. Hiszen azzal, hogy a helyzetünket vagy akár a létünket egyedülállónak tartottuk, már untig elégszer megégettük magunkat. Először azt hittük, hogy a világ közepében vagyunk és a Nap minket kerülget. Aztán rájöttünk, hogy ez fordítva van, és azt hittük, hogy akkor viszont a Nap a világ közepe. Erre jött szegény Giordano Bruno, akit azért égettek el, mert azt állította, hogy a csillagok távoli napok. Szegény Galilei még megúsza szobafogsággal, amiért azt állította, hogy a Föld kering a Nap körül... Aztán rájöttünk, hogy a csillagok tényleg napok, helyesebben, hogy a Nap nem más mint egy aránylag közönséges csillag. Kiderült, hogy a Tejút rengeteg csillag gyülekezete, és az is kiderült, hogy sok más tejút is van még,

és azok általában spirális alakú csillagrendszerek. De a miénk a legnagyobb! Csak valamikor már a huszadik század közepén derült ki, hogy dehogy a legnagyobb. Sőt, inkább a kicsik közé tartozik, és mindjárt a legközelebbi szomszédunk, az Androméda is kereken tízszer akkora, mint a mi kis Tejutacsánk. Csak addig a távolságok megítélésével volt baj, és azt hittük, a bemért tejutak sokkal közelebb vannak, persze hogy túl kicsinek tűntek...

Most akkor legyen pofánk odaállni és azt képzelni, hogy csak a mi Napunk körül vannak bolygók? Világos volt, hogy – bárhogyan is születnek a csillagok – a mi Napunk valószínűleg ugyanúgy született, és ennek a születésnek valószínűleg velejárói a bolygók és a holdak is. 1995 előtt már nemcsak a bolygókról tudtunk, de közel 180 holdról, számos törpebolygóról, egymilió kisbolygóról, a Kuiper övről, sokezer – nem is túl kicsi – égitesttel, és az Oort-féle „felhőről”, amelyben sokmilió számra – ha nem miliárd számra – keringenek az üstökösök. Gondolhatott tehát valaki arra, hogy születhetnek csillagok, mind enélkül a körítés nélkül? Arra, hogy bolygók véletlenül csak a mi Napunk körül lebzselnek? Az első exobolygó fölfedezése után gyorsan finomult a fölfedező technika, és ma már, negyed évszázaddal később, több mint ötezer exobolygót ismerünk, pedig nem egyszerű a fölfedezésük, amit inkább leleplezésnek kellene nevezni. Erre még visszatérek.

Most pontosan ott tartunk a földönkívüli élettel, mint ahol tartottunk az exobolygókkal az első fölfedezése előtt. Bár találnunk ilyet eddig nem sikerült, de józan ember nem képzelheti azt, hogy ilyesmi csak a Földön létezhet. Ezzel megint a geocentrizmusnál, vagy a heliocentrizmusnál, vagy mondjuk ki kerek-perec, az embercentrizmusnál tartanánk! A Földön van élet, mert azt a körülmények – kereken négymiliárd éve – megengedik. Más olyan égitesten, ahol a feltételek ugyancsak megfelelőek, miért ne lenne ugyancsak élet? Akár önmagától keletkezett, akár teremtették a földi életet, ez miért csak itt a Földön történt, vagy történhetett volna meg? Ráadásul a Földön *nagyon* van élet. A Föld leglehetőlenebb helyeit is meghódította, a legmélyebb tengerfenéktől a leghidegebb jégmezőig, vagy százfokosan fortyogó, sűrűn sós és kénes forrásokig, sőt, másfél kilométerrel a földfelszín alatt található kőzetekig, mindenütt föllelhető valamilyen élőlény, ha más nem, baktérium. Az élet itt teljesen kiirthatatlan! Nem pusztíthatná el szuper tűzhányók kitörése, óriási kisbolygók becsapódása, tengerek megmérgezése, közeli szupernóva robbanás, gammasugár özön, amely esetleg elfújná a Föld légkörét. Semmi, de semmi nem pusztíthatná el az utolsó élőlényt a Földön, amely aztán újra kezdhethé a fejlődési láncolatot. Egyetlen kivétel a Föld végső halála, ha a Nap fölfuvalkodik, mert vörös óriás lesz belőle és esetleg elnyeli a Földet is, amely lávagyolyóvá olvad, vagy lefékeződő keringéssel belezuhan a Napba. Akkor persze mindennek vége, de hát addig talán még egymiliárd évig tűrhetők maradnak a körülmények.

Viszont minket, emberiséget rém könnyű elpusztítani. De úgy tűnik, nincs türelmünk megvárni valami külső, kozmikus csapást, mert néhány marha politikusunk serényen az atomháború kitörését készíti elő. Itt bocsánatot kell kérnem a szarvasmarháktól, hogy hozzájuk hasonlítottam ezeket a hírhedt politikusainkat!

És ha máshol is van élet, van valahol magasfokú technikát használó civilizáció is? Talán van, de egyet ne felejtünk: bár a Földön 3,7 miliárd év óta létezik élet, de a technikának arra a fokára jutott élőlény, amely létezését már távoli csillagokról is észlelni lehet, mindössze száz év óta található a Földön. Azóta szöknek meg a rádióhullámaink, amelyek révén könnyen fölfedezhetnének minket. Osszuk el a nagy számot a kicsivel. 37 miliót kapunk. Ez viszont majdnem azt jelenthetné, hogy 37 milió, olyan exobolygót kellene fölfedeznünk, amelyen az életnek megfelelnek a körülmények és létezik is mindegyiken élet; míg egyet találnánk, amelyen már technikai civilizáció zajlik. A hasonlat azért sántít, mert kétszer olyan öreg csillagok is léteznek, mint a Napunk, és azok körül a mienknél már jóval fejlettebb civilizációk is működhetnek. Viszont eddig ilyeneknek se hírét, se hamvát nem láttuk. Mellesleg, más bolygókon esetleg sokkal gyorsabban halad a kezdetleges élet fejlődése, mint ahogy itt zajlott. Itt, az élet kezdetétől három miliárd éven át, alig történt valami.

Igaz, az életet és a létünket itt a Földön rendkívül szerencsés esemény láncolat tette és teszi lehetővé. A Föld mérete – úgy tűnik – éppen megfelelő. Nem túl nagy, így a felületén a légnyomás és tömegvonzás hatása, a gyorsulás sem túl nagy. Bár látjuk a Vénusz esetét, amely jó példa rá, hogy a

felületen létező légnyomás egyáltalán nem az égitest méretétől függ. A Vénusz alig kisebb a Földnél de a nyomás rajta az itteninek a kilencvenszerese! Viszont a bolygónk nem is túl kicsi, tehát a belsejében kavargó olvadt fémek nem hűlnek le olyan gyorsan, mint például a kis Marsban. És ennek a fémkavargásnak köszönhetjük a mágneses teret, amely megvéd minket a napszállástól. Ez a szél fújta el szegény Mars barátunk légkörét, mert a belseje annyira lehűlt, hogy ott már nem kavarognak a fémek és nem képeznek mágneses teret. Bolygónk pont olyan messze van a Naptól, hogy nem válik gőzzé a tenger, és nem is fagy jéggé.

Itt meg kell állnunk egy pillanatra. Fontos tudni, hogy egy bolygó felületén a hőfok nemcsak az anyacsillag távolságától függ, hanem a bolygó légkörének tulajdonságaitól is. Egyszer már jéggé fagyott a tenger. Ez talán 650-700 millió évvel ezelőtt történt. A légkörből eltűnt a széndioxid nagy része és megszűnt a jótékony, üvegházi jelenség (az, amiből most több van, mint kellene). A Földön két változtató rendszer is működik. Az egyik élettani, a másik földtani. Élettani változás volt, amikor a moszatok elkezdtek oxigént termelni. És élettani változtatás az is, hogy egy élőlény (ugyanis mi) túl sok metánt és széndioxidot termel. Valószínűleg élettani változtatás volt a földfelszín erős lehűlése annak idején. A tengerbe kerülő széndioxidot „kiették” az ott élő parányok és az nem került vissza a légkörbe. Hogy kerülhetett volna vissza? A tűzhányók által (ez a földtani változtatás). Csakhogy a tűzhányók ténykedése nem egyenletes. Tudjuk, hogy a földrészek ide-oda úszkálnak a Föld kérgén. Ezzel az úszkálással a menetirányukban lévő földkéreg-részeket maguk alá gyűrik. Ez történt és történik folyamatosan például Észak- és Délamerika nyugati partjainál. E két, Nyugat felé úszó földrész maga alá gyűri a csendesóceáni kéreg keleti részét, amitől örült súrlódás keletkezik. Az anyag megolvad és helyenként tűzhányókat képezve ömlik a felszínre. Ezt látjuk a Kordillerákban és az Andokban. Ezt a hegyvonulatot a mélybe kényszerített, Csendes-óceáni kéregrész nyomta föl a magasba.

Naszóval!

A rengeteg tengeri mikróba arra használja a széndioxidot, hogy mészvázat készítsen magának. A lényecskék pusztulásakor lesüllyed a mészváz a tenger fenekére, ahol – sok millió év alatt – mészkővé alakul. A tengerfenék mélybe kényszerítésekor ez a mész átalakul, és a benne fogvatartott széndioxid felszabadul, amit aztán a tűzhányók visszapöfögnek a légkörbe. Hétszáz millió évvel ezelőtt, talán nem volt elég pöfögő tűzhányó. Tudjuk, hogy a földrészek időnként „összeúszkálnak” és egyetlen nagy földrészt képeznek. Ez volt a gyíksárcányok idejében is, 250 millió éve, és talán ez volt 650 millió éve is. Nem volt úszkáló földrész, nem volt kéreg-mélybegyűrés, tehát nem volt elég működő tűzhányó sem, és nem került elég széndioxid sem a levegőbe, amely az üvegházi jelenséggel fölolvashatta volna a jeget. Az ügyet súlyosbította a fehér jégfelület, amely azonnal visszatükrözte a Nap fénysugarait, tehát még az üvegház hatástól független melegítés sem jöhetett létre. Aztán (talán) a nagy földrész szétbomlott, részei újra úszkálni kezdtek és megjelenhettek a pöfékelő tűzhányók. Ez az önszabályozó, széndioxid körforgalom, ma is kitűnően működne, de mi sajnos belefuserálunk...

Visszatérve az életünket itt lehetővé tevő eseményláncolatra – amelyhez természetesen hozzátartozik ez a földrészúszkálás is (ami a Vénuszon valószínűleg sosem létezett) –, a földtengely ferde állása is lényeges tünet, mert annak köszönhetjük az évszakokat. Fontos a Hold létezése is, amelynek tömegvonzása intézi, hogy ez a tengelyferdület ne változzon. De a Holdnak mást is köszönhetünk. Most évente kereken négy centimétert távolodik a Földtől. Ha feltesszük, hogy ez a távolodási mérték nem változott és hogy a Holdunk már négymiliárd évvel ezelőtt is létezett, akkor abban az időben a mai távolság felénél alig lehetett messzebb a Földtől, ami hihetetlenül vad ár-apály mozgást jelentett. Sokan feltételezik, hogy ezeknek az ár-apály hullámoknak szerepe lehetett az élet keletkezésében.

A lényeges tényezők közül elsőnek a rengeteg vizet kellett volna megemlítenem, azaz a hatalmas tengereket. Hogy került ide ez a rengeteg víz? Nagyon szerény véleményem szerint, nagy része mindig is itt volt, azaz már a Föld keletkezésekor is a Föld anyagának egy része volt. A ma hivatalos vélemény szerint viszont, az üstökösök hozták ide. Ez első látásra hihetetlennek tűnik, mert az üstökösök aránylag kis hógolyók és – szerencsére – ritkán potyognak a Földre, a tenger meg szinte mérhetetlenül

nagy víztömeg. Ez igaz, csak hogy régen nyilván gyakrabban találta el egy-egy a Földet, és rengeteg idejük volt a tengereket föltölteni.

Számoljunk egy kicsit. A kilencvenes évek közepén járt erre egy nagy üstökös. Sokáig lehetett látni az égen, szabadszemmel. Az átmérője kerekén 40 km volt. Az ilyen kis égitestek rendszerint nem golyó alakúak, de számoljunk mégis úgy, mintha ez golyó alakú lett volna. Kerekén 33 500 köbkilométer lehetett a térfogata. Tegyük fel, hogy az tiszta jég volt, azaz víz. A Földön található víz mennyisége 1,4 milliárd köbkilométer. Ebből a (viszonylag nagyon nagy) üstökösből 41 800 kellett volna ennyi víz idecipeléséhez. Soknak tűnik, de tegyük fel, hogy az üstökösök bombázása egymiliárd évig zajlott. Akkor kiderül, hogy – ha jól számoltam – elég lett volna, ha 23 925 évenként egyetlen egy ilyen üstökös esik a Földre. Igaz, hogy a legtöbb üstökös jóval kisebb, de mint látjuk, a számok azt mutatják, hogy a hivatalos elmélet nem lehetetlenség.

Mégsem hiszem, hogy így történt. Az üstökösök valahol az Oort féle felhőben tanyáznak és ott nagyon jól érzik magukat. Sőt, hogy ott tanyáznak (azaz, persze, keringenek), az azt jelenti, hogy már a Naprendszer keletkezésekor is ott érezték magukat jól, ezért maradtak ott. Nagyon messze vannak, semmi okuk nincs idejönni, a Naprendszer meghitt, belső tájaira, és régebben sem lehetett sokkal több okuk. Onnan csak akkor jönnek ide, ha valami megzavarja köreiket, például elhúz a közelükben egy csillag.

Ha a víznek egy része tényleg „kívülről” származik, akkor azt inkább a becsapódó kisbolygók hozhatták magukkal, mert abban az időben azoknak is lehetett tekintélyes víztartalma. Ha nem 40 km átmérőjű üstökösöket tekintünk, hanem jóval kisebbeket, nem egymiliárd évig tartó „üstökös-bombázásból” indulunk ki, hanem az Oort-felhő viszonylag ritka megzavarásai miatt idetévedt, néhány üstökösből, akkor nehéz elképzelni, hogy a tengerek rengeteg vizét az üstökösök jótékonyágának köszönhetnénk.

Ámde nézzük, hogy milyen további csodák biztosítják a Földön az élet huzamos létezésének a lehetőségeit. Az egyik ilyen tényező az óriási Jupiter, amely magához ránt sok olyan kisbolygót és üstökösöt, amely különben könnyen a Földre zuhanhatna. Igaz, azt is hallottam, hogy ez téves szemlélet, mert a nagy tömegvonzásával ugyanannyit uszíthat felénk, mint amennyit elhárít tőlünk. A Földünk mágneses teréről már volt szó, amely nem lenne, ha a bolygónk olyan kicsi lenne, mint a Mars. Ez a tér nemcsak a napszelet téríti el, hanem a kozmikus sugárzás egy részét is. Nagyobb részét viszont a Nap mágneses tere hárítja. De tévedés lenne azt hinni, hogy ez a két mágneses tér a teljes kozmikus sugárzás elől árnyékolni tudná a Földet.

Ha szépen felsoroljuk ezeket a véletlen csodákat, amelyeknek a létünket köszönhetjük, önkéntelenül arra gondolunk, hogy ez a létet lehetővé tevő és létet fönttartó körülmény-láncolat vajon tényleg véletlen-e? A kérdés jogos, de az egész csoda más szemszögből is nézhető. Tejútunkban több mint 200 milliárd csillag van (egyes becslések szerint legalább 300 milliárd). Ha mindegyik körül csak öt bolygó kering, az egybilió bolygó.

Érdemes ezt a számot szemléltetni. Egy közönséges papírlap nagyjából egytized miliméter vastag. Ha egybiliót raknánk belőle egymásra, százezer kilométer magas papíroszlopot kapnánk. Ez a távolság pedig kerekén a nyolcszorosa a Föld átmérőjének, és több, mint a negyedrésze a Holdig tartó útnak!

Természetesen nem alkalmas mindegyik bolygó az élet hordozására, de ha már elképesztő véletlensorozaton csodálkozunk, nem is szorítkozhatunk csupán a saját Tejútunkra. És a Tejútunkhoz hasonló csillagrendszerből is van egy biliónyi az általunk belátható világegyetemben. Miért ne jöhetett volna valahol össze a szerencsés véletleneknek ilyen sorozata? Mellesleg, ha sehol nem jött volna össze, akkor nem létezne senki, aki a fönt még jogosnak tűnő kérdést föltehetné. Tehát itt vagyunk, mert minden szükséges úgy alakult, megtörtént ahhoz, hogy itt lehessünk.

Természetesen, mégsem zárható ki, hogy eme események mögött valamilyen hatalom van, és hogy a számunkra olyan szerencsés körülmények, egymáshoz csinosan illeszkedő sorozata szándékos cselekedet (teremtés) eredménye. Ez ellen szól viszont, hogy az utolsó 600 millió év alatt, tehát amióta már nem csak nagyon kezdetleges élőlények léteznek a Földön, öt rettenetes csapás is érte a

bolygónkat, amelyek egyáltalán nem voltak az életnek kedvező „véletlenek”. 250 millió évvel ezelőtt például, az akkor élő fajoknak több mint 90 százaléka pusztult ki, és jó, hogy a Föld légköre nem alakult át egy Vénusz-típusú, vissza nem fordítható pokollá. A 66 millió évvel ezelőtti pusztulás sem volt majális. És senki ne jöjjön nekem azzal a bődületes marhasággal, hogy az a pusztulás nekünk kedvezett, mert ha nem pusztultak volna ki a gyíksárhányok, akkor nem jöhettünk volna létre mint emberi faj. Vajon miért lett volna az úgy? Mert nem vagyunk akkorák, mint egy Tirannoszaurusz? Mintha a Tirannoszaurusz idejében nem élt volna egy halom kicsi, akár ember méretű más lény. Szerintem a valószínűleg meglehetősen lassú, és semmiképpen sem kitartóan futó Tirannoszaurusz jóval kevésbé volt veszélyes, mint a kardfogú tigris, a barlangi oroszlán, vagy a barlangi medve, amelyek már mind kortársai voltak az őseinknek. A szauruszok korában is voltak már emlősállatok. Találtak például olyan maradványokat, amelyek egy ragadozó emlősállat támadását mutatják, ahogy az éppen verekszik a nálánál nagyobb gyíksárhányal. A fejlődés szépen haladt volna tovább a halálos csapás nélkül is.

Ne felejtjük el, hogy akkor még sok minden nem létezett, ami ma annyira természetes, hogy el sem tudjuk képzelni, milyen lenne a világ a léte nélkül. Például a gyíksárhányok korában még nem volt fű! És a nekünk ma annyira természetes, lomblevelű fák nagy része sem létezett még. Azt se felejtjük el, hogy a rengeteg, óriási gyíksárhány nem egyszerre élt, sok faj már rég kipusztult önmagától is, mielőtt a 66 millió évvel ezelőtti, halálos csapás érte a Földet. És e csapás nélkül valószínűleg a jégkorszakokat sem éltek volna túl a nagyméretű fajok. A nagyméretű állatok csak nagyon sokáig tartó, nagyon állandó éghajlati körülmények között tudnak létezni. Egyáltalán, kifejlődni! Viszonylag hirtelen változásokra csak kistermetű lények tudnak átállni, és ezért életben maradni.

Azon azonban érdemes eltűnődni, hogy mi véletlen és mi nem az? Amikor egy csillag eléggé fölforrósodott a közepe felé zúduló hidrogéntől, begyullad az „atom-máglya”. Ez nem véletlen. A hidrogén atomok egy bizonyos hőfokon és bizonyos nyomás alatt, hélium atomokká egyesülnek, iszonyatos hőenergiát termelve (nem írom le Einstein híres képletét), ami kifelé irányuló nyomást kelt és megakadályozza az anyag további zuhanását a csillag középpontja felé. Egyensúly alakul ki a tömegvonzás és a kifelé irányuló nyomás között. Ez az egyensúly a Nap típusú csillagoknál akár tízmiliárd évig is gyönyörűen működhet. A vörös törpe csillagoknál sokkal tovább, mert csak lassan használják el az „üzemanyagukat” (a Hidrogént), amely a kifelé irányuló nyomást fönntartja.

A Naprendszer keletkezése (és az összes többi bolygórendszer keletkezése is) egy nagy-nagy por- és hidrogénfelhőből indul ki, amely tanácstalanul rostokol a csillagközi térben mindaddig, amíg a közelében föl nem robban egy szupernóva. Ennek a robbanásnak a tolóereje sűrűbbé fújja a felhőt, amitől a felhőben lévő anyag tömegvonzása „erőre kap”, azaz már elég hatékonyvá válik ahhoz, hogy az anyagot a felhő közepe felé vonzza. Ez a vonzás annál erősebbé válik, minél sűrűbb a felhő, és végül az anyag központ felé irányuló zuhanását okozza. Mindez kavargatva történik és a kavargásban itt-ott sűrűbb örvények keletkeznek, amelyekből aztán a bolygók és a holdak alakulnak ki. Mint ahogy fentebb említettem, a központban az anyag súrlódva zuhanó betódulása és nyomása olyan hőfokot okoz, amitől „begyullad” az atommag-összeolvasztó folyamat. Ez lesz a Nap, azaz a bolygórendszer központi (anya) csillaga.

Miért forog és kavarg ez az egész? Egyrészt azért, mert amikor a születendő bolygórendszer még mint porfelhő lebzsel a térben, nehéz úgy lebzselnie, hogy a környezetéhez viszonyítva teljesen mozdulatlanul álljon. Érdemes lenne kiszámítani, hogy egy fényév átmérőjű felhő szélén hány centiméter óránkénti elmozdulás kell ahhoz, hogy a végén a csillaggá sűrűsödött anyag 25 nap alatt forogjon a tengelye körül (így forog a Napunk). Ugyanis ha valami csak egy kicsit is forog, annak perdülete is van, és természetesen tehetetlenségi nyomatéka is. Ha ez a forgó valami úgy sűrűsödik, hogy összehúzódik, tehát kisebb lesz, a tehetetlenségi nyomatéka csökken, viszont a perdülete megmarad. Ez gyorsabb forgást eredményez. Jó példa rá a piruettező műkorcsolyázó fölgyorsuló forgása, ha a forgásközben kitért karjait magához húzza. Másrészt, ha valami megfújja a felhőt, amivel elindítja a sűrűsödést, ha nem pontosan a közepe felé fúj, az is okozhat enyhe forgást.

Vita, illetve inkább tanakodás folyik arról, hogy mi indíthatta el Naprendszerünk keletkezését, ugyanis nem csak szupernóva lehetett a „fűjő”. Létezik egy ritka csillagfajta – ha jól tudom, eddig csak kereken háromszázat találtak a Tejútunkban –, ez a Wolf-Rayet-csillag. Óriási csillagok, 40-50-szeres naptömeggel, és nagyon rövidéletűek. Nem robbannak, de nagyon erős anyagszél áramlik felőlük minden irányba. Ez a szél is elég erős lenne ahhoz (ha a csillag nincs túl messze), hogy sorsdöntő lökést adjon a rostokoló por- és hidrogénfelhőnek.

Miként lehetne kideríteni, hogy valaminél, ami 4,6 milliárd évvel ezelőtt történt, szupernóva, vagy Wolf-Rayet-csillag volt-e a tettes? Meteoritokból. Szerencsénkre jónéhány meteorit potyog a Földre, a legkülönbözőbb fajtákból. Például, ma már ismerünk száz olyan meteoritot, amely a Marsról származik. Vannak olyan meteoritok, amelyek egészen a Naprendszer keletkezésének elején születtek. Ezekben különböző, rádióaktív anyagokra vadásznak a kutatók, és néha találnak is bennük Vas-60, vagy Alumínium-26 izotópot. Kérdés, hogy mennyit és hány meteoritban? Ha a Vas-60 lenne többségben, akkor az szupernóvát leplezne le a Naprendszer „bábájaként”. Ha az Alu-26-ból lenne több, akkor az a WR-csillagot valószínűsítene, mint porfelhő összefűjót. A vita és a találgatás még folyik, de 2017-ben már találtak Alu-26-ot tartalmazó meteoritot.

Hihetetlen, hogy a meteoritok milyen csatangolást, vagy inkább rajesúrozást végeznek a Naprendszerben. Az egyik Apolló kiküldetés legénysége véletlenül olyan anyagot hozott haza, amelyben egy darab földi kőzetet is találtak, és az csak meteoritként kerülhetett a Földről a Holdra. Az ilyesmit jó nagy kisbolygók becsapódásainak köszönhetjük, amelyek iszonyatos energiája képes földi anyagot olyan magasra földobni, hogy az átmegy a Föld légkörén és elhagyja a Föld tömegvonzását, aztán kóborog az űrben, mígnem valamelyik égitestre leesik.

A Naprendszer kialakulását még nem is olyan régen úgy képzelték el, hogy minden szépen úgy keletkezett, ahogy azt ma látjuk. Igaz, a Föld méretéhez képest óriási Holdunk létezése talány volt. Részben, mert a Naphoz ilyen viszonylagos közelségben aligha keletkezhett úgy, mint ahogy például a Jupiter-holdak születtek, bizonyos mértékig örvénylő anyag- és törmeléksomókból, amelyek között a főörvényből a Jupiter lett. Az is valószínűtlennek tűnt (bár régebben voltak ilyen elméletek), hogy a Föld „befogta” volna magának az éppen erre járó, és hozzánk túl közel vetődő Holdat. Aztán, amikor elemezték a Holdról visszahozott anyagot, kiderült, hogy a holdanyag majdnem teljesen azonos a földkéreg anyagával, csak a nehezebb fémek hiányoznak belőle. Új elméletre volt szükség. Kitalálták, hogy ehhez a Holdnak a Föld kérgéből kellett valahogy kiszakadnia, és ez úgy történhetett, hogy a Földbe belerohant egy Mars-méretű bolygó. Ezt a feltételezett bolygót el is nevezték Tejjának (Theia). Legújabb kutatások és számítások szerint, két súlyos (az ottani környező anyagnál súlyosabb) tömeg ólálkodik Afrika és a Csendesóceán alatt, 3000 km mélységben, amelyek talán Teija maradványai. (A Mars átmérője fele a Föld-átmérőnek, a tömege pedig egytized földtömeg.) Hogy egy ilyen karambol mekkora disznóságot eredményez, az a becsapódó égitest sebességétől függ. Igenám, de a számítógépeken folytatott szimulációi egy ilyen ütközésnek, sehogys sem akartak „zöldágra vergődni”. A kialakult helyzetet sem egy „telitalálat”, sem pedig egy súrlódó ütközés nem akarta „keletkeztetni”. Ma kezdik sejteni, hogy esetleg nem is csak egy ütközés történt, hanem több is, és esetleg több „hold” is keletkezett így, amelyek aztán összeverődtek egy Holddá.

Furcsa volt elképzelni a szép rendben keringő bolygó-családban egy ilyen, véletlen vadócot, mint Teija, és egy még véletlenebb ütközést, mindaddig, amíg nem kezdtek gyűlni az adatok a távoli csillagok körül fölfedezett bolygórendszerekről. Az első exobolygót, vagyis a Naprendszerünkön kívüli, más csillagot körül keringő bolygót 1995-ben fedezték föl. Dögnagy bolygó volt, a Jupiternél nagyobb és nagyon közel keringett az anyacsillagához, azaz a „napjához”. Elindult az exobolygókra vadászó kutatás. 2009-ben fölküldték a Kepler nevű űrtávcsövet, amelyet kizárólagosan az exobolygók fölfedezésére szántak. Működési ideje alatt, 2018 októberéig, több mint 2000 bolygórendszert leplezett le. (2021-ben már több, mint 2600-at ismertünk.) Kiderült, hogy a mi Naprendszerünk egyáltalán nem tartozik a „normális” bolygórendszerek közé, azaz a fölfedezettek közötti, leggyakoribb típusok közé.

A leggyakoribb típusokban óriási „forró Jupiterek” keringenek nagyon közel az anyacsillaghoz, rendszerint még a Jupiternél is nagyobbak, és azért forrók, mert szűkebb a pályájuk, mint „nálunk” a

Merkúr pályája. A másik gyakoriság, hogy ezekben a bolygórendszerekben úgynevezett „szuperföldek” keringenek, amelyek kőbolygók és a tömegük tíz földtömeg körüli. A fölfedezett bolygók egyharmad része ilyen, és 10 százaléka „forró Jupiter”. A felfedezések kapcsán három kérdés izgatta a csillagászokat: 1) A mi Naprendszerünkben miért nincs „forró Jupiter”, közel a Naphoz? Noha ezt nem tudjuk, de ha lenne itt ilyen bolygó, akkor a kérdést föl sem tehetnénk, mert akkor a Föld nem lehetne itt, ahol most van, és akkor – szomorúan, de nagyon egyszerűen – mi sem létezhetnénk. 2) Miért nincsenek nálunk „szuperföldek”? És 3) miért nincs nálunk semmi a Merkúr és a Nap közötti birodalomban? Valamikor régen ez nagyon gyanúsnak tűnt és számítottak is rá, hogy ott kellene lennie valaminek, például egy bolygónak, de az annyira közel van a Naphoz, hogy nem tudjuk fölfedezni, „meglátni”. El is nevezték ezt a feltételezett, de nem látott bolygót Vulkánnak. Ugyanis a Merkúr pályája olyasmit csinált, amit egy ilyen, belső bolygó tömegvonzásának hatásával magyarázhattak volna. Röviden: a Merkúr is elipszis pályán kering, ám ennek az elipszisnek a hossz tengelye szép lassan eltolódik, azaz elforog. Vagyis a Merkúr nem mindig ugyanazt az elipszist rajzolja a Nap köré, hanem szép lassan, az idők folyamán egy „kosarat” rajzol. Ez eddig rendben is lenne és meg is magyarázható, hogy így kell lennie (ezt a többi bolygó is csinálja, csak egyre kisebb mértékben, minél messzebb van a Naptól). Azonban ennek a pályaelforgásnak nem akkora volt a mértéke, mint amekkorát a számítások „előírtak”. Ezért gondolták, hogy egy láthatatlan bolygó okozza az eltérést. Azóta kiderült, hogy Einstein relativitás elméletének segítségével magyarázhatóvá válik a titokzatos „hiba”, ami persze egyúttal azt is jelenti, hogy Vulkán nem létezik. Azonban könnyen lehet, hogy a Merkúr-pályán belül kering valami törmelék, hasonlóan a Mars és Jupiter közötti kisbolygó övezethez – amit el is neveztek vulkanoidáknak –, de tudtommal ilyesmit eddig nem sikerült kimutatni.

Az exobolygó-rendszereknél szerzett ismeretek, amelyek a Naprendszerünket különként tüntették föl, arra készítették a szakembereket, hogy nézzenek már egy kicsit jobban utána annak, mi is történt (történhetett) a Naprendszer keletkezésénél, és további alakulgatásánál? Az ilyesmit manapság, az ismeretek és gyanítgatások alapján föllállított modellek, számítógépeken lefuttatott szimulációival vizsgálják, amelyek ma már nagyon „szavahihető” történetekkel szolgálnak, csak hogy az eredmények mindig csak annyira lehetnek pontosak, amennyire a kiinduláshoz betáplált adatok a valóságnak feleltek meg, azaz annyira lesznek pontatlanok, amennyire a feltevéseken alapuló adatok a valóságtól eltértek. Miután a Naprendszer – mai ismeretek szerint – 4,6 milliárd évvel ezelőtt keletkezett, nyilvánvaló, hogy olyan „bűncselekmény” volt, amelynek a földerítéséhez a mai „nyomozóknak” a kutatása nem csak kézzelfogható tényeken (bizonyítékokon), hanem egy halom feltevésen is alapul.

Itt meg kell állnunk egy pillanatra. Elnézést kérek mindazoktól, akiknek az exobolygók fölfedezési módszerei már a könyökén jönnek ki, de erre talán mégsem árt egy pillantást vetni, hiszen itt éppen arról van szó, hogy a Naprendszerünk **ma** különnek tűnik. Mennyire lehet ez igaz, illetve ez a „különc-ség” mennyire csak a „tudományos ismeretek **mai** állásának” köszönhető?

Miután a csillagok túlzottan fényesek ahhoz, hogy a közelükben lévő – saját fénnel nem rendelkező – bolygókat megláthassuk (legalábbis a mai távcsöveinkkel), két módszert alkalmaznak a fölfedezésükhöz (amire jobb szó lenne a leleplezés). Mindkét módszer **csak** akkor működik, ha a bolygórendszert **teljesen**, vagy legalábbis **nagyjából**, a bolygók keringési síkjában látjuk, azaz, a rendszer „éléről”. Ugyanis az első módszerhez a leleplezendő bolygónak az anyacsillaga „arca” előtt kell elmennie. Világos, hogy ha nem pontosan a keringési síkjában vagyunk, akkor tőlünk nézve soha nem fog a csillaga és közöttünk áthaladni. Az áthaladás a csillag fényességének (rendszerint csak icipici) csökkenését okozza, amit ma már – tisztelet a műszertechnikánknak – észlelni tudunk. A másik módszer azon a tényen alapul, hogy nem csak a bolygók keringenek a csillagjuk körül, hanem – mert a bolygók tömegvonzása nem nulla – egy kicsit a csillag is kering a bolygója körül. Pontosabban kifejezve, a két égitest a közös súlypont körül kering. Ha a két égitest egyforma tömegű, akkor a közös súlypont kettőjük között van, pontosan a fele úton. Ha az egyik égitest kisebb, akkor a közös súlypont a nagyobb égitest felé tolódik. Ha a két test közötti tömegkülönbség nagyon nagy, a súlypont bekerülhet a nagyobb égitest testébe. Ez történik Földünk és Holdunk esetében: a közös súlypont már a Föld testén belül van. Ezért nem is nagyon mondhatjuk azt, hogy a Föld is kering a Hold körül, ez a „keringés” a

Föld részéről már csak egy bizonyosfajta körbe tántorgás. Ennél a második leleplezési módszernél az anyacsillag tántorgását vesszük észre, miután a tántorgás következtében a csillagnak, hacsak egy része is, hol közeledik felénk, hol távolodik. Távolodáskor a fénye egy kicsit a vörösszín felé tolódik, közeledéskor egy kicsit a kék felé. Ebből rögtön kitűnik, hogy a tántorgás annál nagyobb (és itt annál észlelhetőbb), minél nagyobb égítést kering a csillag körül. Ebből az is kitűnik, hogy miért fedeztek föl annyi, Jupiternél nagyobb bolygót. Egyszerűen azért, mert jóval könnyebb volt az ilyen bolygórendszereket leleplezni, mint az olyanokat, ahol csak aprócska bolygók rajongják körül a csillagjukat.

Ráadásul, a csillag tántorgásának kimutatásához elég, ha csak nagyjából látjuk a rendszert az éléről. Nem kell a bolygónak a csillag előtt átmennie, elég, ha a rálátásunk nem tér el nagyon a keringési síktól. A másik módszer viszont csak akkor mutat föl eredményt, ha a bolygó áthalad a csillag előtt. Csakhogy itt is nyilvánvaló, hogy a nagy bolygók fölfedezése a valószínűbb. Ha távcsővel, messziről nézzük egy autó fényszóróját (ez a „csillag”), könnyebb észrevenni egy előtte átrepülő cserebogarat, mint egy katicabogarat.

Az észszerű következtetés: a „miénkfajta” bolygórendszer (bizonyos mértékig) csak azért tűnhet ritkának, „különcnek”, mert a jelenlegi módszerekkel nehezebben fedezhető föl. És ha mégis sikerül illet fölfedezni, nem tudhatjuk, hogy a fölfedezés mennyire teljes. Ha a Kepler űrtávcső minket nézett volna a távolból (és szerencséjére a Föld keringési síkjából látott volna minket), működési idejének 9 éve alatt fölfedezhette volna a négy belső bolygót (de csak akkor, ha a másik három pályasíkja nem tér el túlzottan a Földétől), viszont előfordulhatott volna, hogy Jupitert nem fedezi föl, mert annak 12 év a keringési ideje, a másik három nagy bolygóról meg már ne is beszéljünk. A Neptúnusz kerekén 165 év alatt tesz meg egy kört, tehát ha *Kepler* 100 évig figyelt volna minket, akkor egy kis szerencséével a Neptúnuszt is fölfedezhette volna (kevesebb szerencséével, ehhez a sikerhez közel 170 évig kukucskálhatott volna felénk)... A *Scientific American* idei (2023), júniusi számában már a bolygórendszerek négy típusba való beosztása látható: 1) *Hasonló*: hasonló méretű bolygók sora. 2) *Kevert*: a csillagtól távolodva, rendszertelenül összekeveredve találhatók kisebb és nagyobb bolygók. 3) *Rendezett*: a csillag közeléből kifelé haladva egyre nagyobbak a bolygók. 4) *Ellenrendezett*: a *rendezettnek* a fordítottja, azaz, csillag közelben nagyok a bolygók és kifelé haladva egyre kisebbek.

Ezen a téren nagyon hamar rengeteg új ismeret fog összegyűlni, miután már a *James Webb* űrteleszkóp is üzembe lépett, és hamarosan befejeződik óriási, földi csillagvizsgálók építése. Kíváncsi vagyok rá, hogy az új ismeretek milyen mértékben fogják kimutatni, hogy a Naprendszerünk nem is olyan nagyon „különc”. Én erre számítok.

Visszatérünk a Naprendszer keletkezéséhez és további alakulását kutató elméletekre és azoknak model-szimulációkkal történő bizonyítgatásaira. Az derült ki hamarosan a távoli bolygórendszerek vizsgálatánál, hogy az óriási, Jupiternél is nagyobb gázbolygók nagyon gyakran a csillagukhoz egészen közel keringenek, pedig az elméletek szerint ott nem keletkezhetek. Valahol, távol a csillagtól keletkezhetek csak, és ha mégis ott vannak csillag közelben, akkor oda csak később „vándorolhattak be”, ami nem jelent mást, mint hogy ha egyáltalán voltak a rendszerben kisebb bolygók is, akkorak például mint a Föld, akkor azokat ezek az óriásbolygók távolabbi pályákra kényszerítették, vagy esetleg egészen kiebrudalták a bolygórendszerből. Becslések szerint Tejútunkban ilyen kipenderített bolygóból kétszer annyi kószál, mint ahány csillag van. Úgy tűnt, hogy a bolygórendszerek keletkezésénél, messze a csillagtól, viszonylag hamar keletkeznek az óriásbolygók és a rengeteg port, apróbb-nagyobb törmelék, maguk előtt tolják keringésük közben, amittől lefékeződnek és szép spirálisban közelednek az anyacsillagukhoz. Feltételezték, hogy ennek a Naprendszerben is valahogy így kellett történnie, de akkor nálunk mi akadályozta meg e közeledésben a Jupitert? Ebben a Szaturnusz volt a hibás, vagy – sokkal helyesebben – ezt a Szaturnusznak köszönhetjük, mert enélkül a Föld nem lehetne itt, ahol van, a Naprendszernek eme kedélyes, meghitt helyén.

Az is kiderült, hogy a Naprendszer keletkezése egyáltalán nem volt békés folyamat. A már bolygókká tömörült anyag össze-vissza száguldozott, ütközött, szétrobbant, újra összeállt. Nagyon hasonlított a helyzet a biliárdgolyók karambolozgatásaihoz, amikor egy sznúker játékos szétrebbenti a

még háromszögben csoportosuló, 15 piros golyót. Tehát az olyan ütközés, vagy ütközések, amelynek valószínűleg a Holdunkat köszönhetjük (és a földtengely ferde állását is a keringési síkhoz viszonyítottan), nem ritka véletlenek voltak, hanem nagyon gyakran előforduló esetek. Ilyen ütközés érthette a Vénuszt is, aminek következtében nagyon megváltozott a forgása. A Naphoz viszonyítottan nagyon lassan forog, egy keringése alatt nem tesz meg egy teljes fordulatot. Érdekes viszont, hogy a tengelye majdnem hajszál pontosan merőleges a keringési síkjára. Na, ez nem egészen ilyen egyszerű. Miután egy keringése (a csillagokhoz viszonyítva) a Nap körül kerekén 225 földi nap, egy fordulata (ugyancsak a csillagokhoz viszonyítva) 243 nap, a forgása „elmarad” a keringése mögött 18 nappal, azaz úgy tűnik, mintha „visszafelé” forogna.

Itt megint el kell csalinkáznom egy pillanatra. A bolygók forgásiránya **általában** megegyezik a keringésük irányával. Ami „fönről”, azaz Északról nézve az óramutatók járásával ellentétes irányban zajlik. Miután a bácsik és nénik (azaz, a csillagászok), akik ezt az irányt elnevezték, a Föld északi féltekéjén éltek, tehát „onnan nézték” a forgásokat és keringéseket, azt mondták, hogy ez a „direkt” (vagy „prográd”) irány. Odáig nem mentek el, hogy ezt az irányt a „helyes” iránynak nevezték volna ki, mert hiszen miért lenne kevésbé helyes az egész cirkuszt Dél felől nézni, ahonnan nézve minden fordítva kering és forog, ami meg miért lenne kevésbé „helyes” irány? Így aztán a „direkt”-tel ellentétes irány, ami az óramutatók járási irányával megegyezik, kapta a „retrográd” nevet. Tehát a Vénusz visszafelé forgása retrográd forgás lenne, de ezt valahogy nem akarták elhinni. Ezért azt mondták, hogy a Vénusz forgástengelye is elbillent, mint a Földé. Ez az elbillenés a merőlegestől számítottan, nálunk (a Földnél) 23,5 fok, viszont a Vénusznál 177 fok lett volna! Ami nem jelentene mást, minthogy az, ami ma a Vénusz északi féltekéje, a tengely-átbillenés előtt a déli félteke volt. Az óriási karambolozás okozhatott ilyen változást is, vagyis hogy a Vénusz majdnem pontosan „fejre állt”, de ne haragudjon meg rám senki, ha én mégis egy olyan ütközést tartok valószínűbbnek, amely Vénusz barátnőnkön nem csak forgásának megállítását, hanem enyhe visszafelé forgást eredményezett. Az ütközések nem voltak apróságok. 2011-ben a Jupiterre uszították a Juno űrszondát, amelynek mérései alapján sikerült kideríteni, hogy a bolygó magja nem kőzetekből áll, mint ahogy az (a számítások szerint) kötelessége volna, hanem mindenféle más anyagnak is a keveréke. Ezt is csak úgy tudják magyarázni, hogy a Jupiterbe belerohant egy kerekén 10 földtömeg súlyú bolygó.

Az Uránusszal még nagyobb disznóság történt. Nem csak kicsit billent meg a tengelye, mint a Földé, hanem a 90 fokon még 8 fokkal túlbillent. 90 fokos billenésnél a forgástengelye benne fekszik a keringési síkjában, de ezzel nem elégedett meg, és még tovább billent. És miután „főholdjainak” a keringési síkja nagyjából megegyezik a bolygó egyenlítőjének síkjával, a számítások szerint ez az óriási billenés nem is lehetett csak egyetlen karambol eredménye, ugyanis akkor a holdak keringési síkja nem tudta volna követni az ilyen mértékű billenést.

Am térjünk vissza a Naprendszerünk keletkezésének örült zűrzavarába, mint amilyennek ez a folyamat az új model-szimulációk fényében tűnik. Ott tartottunk, hogy a Szaturnusz jótékonyan visszatartotta a Jupitert és megakadályozta abban, hogy tovább vándoroljon a Nap felé. Csakhogy a Szaturnusz „mögötti” két nagy jégbolygó, az Uránusz és a Neptúnusz sehogyan sem akartak beleilleszkedni a szimulációkba. Úgy tűnt, hogy ott nem keletkezhettek, ahol most vannak. Túl messze vannak. Úgy látszott, hogy nem csak vándoroltak, de helyet cseréltek, és most az Uránusz van a közelebbi pályán. A Neptúnusz „kivándorlása” keletkeztethette a Kujper övet a Plútón túl, amelybe tulajdonképpen már a Plútó is beletartozik. A helycsere sem volt könnyen magyarázható. Mintha e két jégbolygó súlycsoportjába tartozó, harmadik bolygó is kellett volna a mai helyzethez, amely bolygót aztán valahogy száműzték a Naprendszerből. De e két jégbolygó mindenképpen a keletkező Naprendszer külső vidékén születtek, az ott lebegő vízből, metán(CH₄)-jégből és amóniák(NH₃)-jégből. Ellentétben a két nagy gázbolygóval, Jupiterrel és Szaturnusszal, amelyeknek 90 százaléka Hidrogén és Hélium, e két bolygó csak 20 százalékban tartalmazza ezt a két könnyű gázt.

Kevin Walsh kidolgozott egy modellt a munkatársaival a Naprendszerünk keletkezése utáni 10 millió év körüli események szimulációjára. Főleg arra voltak kíváncsiak, hogy mi történt a Jupiter „megtorpanása” után a Naprendszerünk belső mezsgyéiben? A Jupiter által befelé terelt anyagból

keletkezett 6, „szuperföldnek” becézett kőbolygó, de a model nem magyarázta meg, hogy azok hova tűntek, és azt sem, hogy miért nincs a Merkúr pályáján belül semmi.

2015-ben Konstantin Batigyn és Michel E. Brown módosították a Walsh féle szimulációs modellt. Az elmélet címe a „Nagy Támadás”, mely szerint a Jupiter további anyagot küld befelé, ahol hihetetlen méretűvé válik a kavarodás. A nagyobb égitestek a huszadiktól a kétszázadikig lefutott keringésük körül ütköznek egymással, amiből törmelék keletkezik, de megakad a „szuperföldeken”, és ott duzzad, mígnem áttör, és a szuperföldekkel együtt 20 000 év alatt majdnem maradéktalanul belezuhan a Napba. Csupán 10 százaléka marad meg a Jupiter által beűzött anyagnak. Ebből lett a Naprendszer 4 kőbolygója, miután a szuperföldek magukkal vitték a hidrogént és héliumot. Igenám, de hogy lett ebből ez a híres négy kőbolygó, amelyek egyike a hetyke Föld? Erről szól a „30 bolygó” elmélet, amely a szimuláció szerint valahogy így zajlott: A Nap keletkezése után az első kétmilió évben 20-30 Mars méretű bolygó keletkezett ezen a belső területen. 20 millió év után elkezdtek ütközni egymással, mint a bolondok. 100 millió év alatt teljesen szétrombolták egymást. A törmelékből keletkezik a Merkúr, Vénusz, Föld mint második nemzedékű bolygók, de nem a Mars! A Mars egyike a 20-30 kezdeti, elsőnemzedékű bolygónak, és kívülről nézte az ütközéses csatákat. Ő maga nem vett részt bennük és ezért sokkal öregebb a Földnél, már 60 millió évvel a Nap születése után keletkezhetett. Viszont „éhen halt”. Jupiter eredetileg (mármint amikor a Szaturnusz nem engedte tovább befelé táncolni) ott volt, ahol ma a Mars, de a Szaturnusz tovább rángatta kifelé, és magával vitt minden anyagot, ami még a Marsnak járt volna. Ha azt a Mars magába gyűjthette volna, szuperföld lett volna belőle. Egyébként a Mars és Jupiter közötti kisbolygó övezet olyan anyagból van, amelyből nem állt össze egy további bolygó és a Jupiterbe sem zuhant bele, noha zsugori módon magával ragadta és elrabolta a Mars elől.

Miután sikerült olyan zavarosan bemutatnom a Naprendszer keletkezését, hogy már én sem ismerem ki magam, nyugodtan mondhatom, hogy nem baj. Hiszen az elméletek és szimulációk inkább alapulnak feltevéseken, mint mérhető, „kézzelfogható” tényeken és ezért nem tudjuk pontosan, hogy valójában hogy’ játszódott le az egész. Viszont egy biztos, a Naprendszer keletkezése jóval vadabb, viharosabb esemény volt, mint ahogy eddig képzeltük. Amit például az elméletek nem magyaráznak meg, hogy miért tér el a Nap forgástengelye kereken 6 fokkal a bolygók átlagos pályasíkjára merőleges vonaltól? Batigyn és Michel E. Brown próbálta ezt megmagyarázni a 2016-ban kiadott – még föl nem fedezett – kilencedik bolygóról szóló elméletükkel. Szerintük a kilencedik bolygó tömege akár 10 Föld-tömegnyi is lehet, és a bolygók pályasíkjához viszonyítottn, erősen dőlt pályával okozhatta a Nap tengelyferdületét. A kilencedik bolygó valahol messze a Plútón túl kering és valószínűleg nemcsak elméletileg létezhet, hanem valóban. Egy csomó, Plútóhoz hasonló méretű, de még a Plútónál is távolabb keringő törpebolygó elipszis pályáiból lehet következtetni a létezésére.

Meglátni aligha fogjuk, hiszen önfénye nincs és az abból a távolságból visszaverődő napfény itt már nemigen észlelhető. Talán 20 000 évig is eltart, amíg megtesz egy kört a Nap körül. Újabb számítások szerint legföljebb 3-4 földtömegű lehet, ami még mindig tekintélyes méret és azzal vígan megérdemelné a bolygó nevet. Ha aztán egyszer valódi nevet kapna (amihez nem feltétlenül szükséges fölfedezni, Vulkán is kapott nevet, pedig se nem fedezték föl, sem nem létezik), remélem, hogy P-betűvel kezdődik majd a neve. Hogy miért? A németnyelvű gyerekek kedvéért. Ugyanis Plútót lefokozták. Már nem nevezheti magát bolygónak, csak törpebolygónak, éppen mert fölfedeztek mögötte egy halom égitestet, amelyek részben talán még nagyobbak is nála. És az is valószínű, hogy még sok ilyet fognak ott fölfedezni. Ezek – Plútóval együtt – nem nevezhetők mind bolygónak, mert sokmindenben eltérnek a „valódi” bolygóktól. Viszont létezik egy németnyelvű, megjegyző mondóka azokból a boldog időkből, amelyekben Plútóka még bolygónak számított. Kilenc bolygóról van szó benne. Abban segíti a gyerekeket, hogy könnyen jegyezdhessék meg a bolygók Naptól számított sorrendjét Íme:

Mein Vater erklärte mir jeden Sonntag unsere neun Planeten.

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, Pluto.

(A mondat értelme magyarul: *Apukám elmagyarázza nekem minden vasárnap a kilenc bolygónkat...*)
Egy P-kezdőbetűs nevű, kilencedik bolygó megmentené a mondókát...

Néhány érdekesség a két, nagyon távoli, külső bolygóról. Neptúnusz a gyönyörű, világoskék színét a metánnak köszönheti, amely a középpont felé haladva – amóniákkal és vízzel – valószínűleg folyékony tengert alkot. Még mélyebben, az őrült nyomáson a metán szétesik és a benne lévő szénből gyémánt kristályok keletkeznek, amelyek egy folyékony szén-tengerre potyognak és aztán abban úszkálnak. Nehéz elképzelni! Bár ilyen „gyémánt eső” az Uránuszon, Szaturnuszon és Jupiteren is lehetségesnek tartanak. Saját belső hője 7000 fokra lehet a közepén. A felületén elképesztő viharok tombolnak, néha óránként 2000 kilométeres sebességű szelekkel. Ez azért érdekes, mert ezeket a viharokat olyan nagy távolságban nem okozhatja a Nap sugárzása. Azokhoz az energia csak a bolygó belsejéből származhat. Tengelyének dőlésszöge kicsit nagyobb, mint a Földé: 28 fok, viszont sokkal gyorsabban forog, mint a Föld: egy nap 16 óráig tart rajta.

Érdekes a legnagyobb holdja, Triton, amely 2700 kilométeres átmérőjével kicsit nagyobb Plútónál (Plútó: 2400 km, a mi Holdunk pedig – összehasonlításképpen – 3475 km.) Nagy valószínűséggel „rokona” Plútónak és a Plútón túli törpebolygóknak, amelyek a Kuiper övben kószálnak. Neptúnusz „befogta” magának (ezért szegény még csak törpebolygónak sem nevezheti magát, csak holdnak). Ám egy ilyen befogás – a számítások szerint – egyáltalán nem egyszerű dolog. Valószínűleg úgy lehetséges, hogy nem egy, hanem két, egymás körül keringő égitest merészkedett Neptúnusz közelébe, és az egyik „elparittyázódása” tette lehetővé a másik befogását. Maga a befogás tagadhatatlan, hiszen Triton „visszafelé” kering (azaz retrográd), és a pályasíkja 23 fokot zár be Neptúnusz keringési síkjával. Valamitől belső melege is van, mert amikor a *Voyager 2* elhaladt mellette 1989-ben, 8 km magasra föllövellő Nitrogén gázírokat „látott” rajta.

Az Uránusz ugyancsak kék a metántól, de valami más a légkörében zöldesebbre festi. Amikor a *Voyager 2*, 1986-ban meglátogatta, a felülete unalmas mozdulatlanságot mutatott, miután akkor a bolygó egyik sarka éppen a Nap felé „nézett”. Tudjuk, ilyesmi kétszer fordulhat elő a 84 évig tartó keringése alatt, mert a forgástengelye szinte a pályasíkjában fekszik. 20 évvel, azaz kereken egy negyed Uránusz-évvvel később, a *Hubble* űrtávcsővel rémes viharokat lehetett látni rajta. Ott talán a Nap sugárzása is okozhat ilyesmit, vagy talán a bolygó gyors forgása is szerepet játszhat a viharkeltésben. Egy Uránusz-nap, 17 óra.

A holdjai nagy zűrzavarban „élnek”. Időnként összeütköznek, szétmorzsolódnak, gyűrűt alkotnak a bolygó körül, aztán újra összeállnak holdakká, és előlről kezdik az egészet. Pillanatnyilag úgy látszik, hogy két holdja „maholnap” összeütközik. Ám ez csillagászati *maholnap*, ami egy-két millió évet is jelenthet.

Jupiterről mint a Naprendszerünk legnagyobb bolygójáról sok mindenki sok mindent tud. Már gyerekkoromban tudtam, hogy a tömege 318-szorosa a földtömegnek, hogy az átmérője a földátmérő 11-szerese, és hogy kereken 10 óra alatt tesz meg egy fordulatot. Most gyorsan kiszámítottam, ez azt jelenti, hogy egy pont az egyenlítőjén 12,4 kilométert tesz meg másodpercenként (ami az itteni hangsebességnek a 37-szerese, és a Föld körül keringő műholdjaink – alacsony pályán – másodpercenként 8 km-t tesznek meg...). A Jupiter tömege az összes bolygó együttes tömegének a 70 százaléka. Sok új ismeretet a *Juno* című űrszondának köszönhetünk, amely 2016-ban érkezett meg Jupiterhez és – ha jól tudom – azóta is kering körülötte. Tömegének fele, örületes nyomás alatt, fémes tulajdonságú, folyékony hidrogénből áll, és valószínűleg ez az oka a nagyon nagy és nagyon erős mágneses térnek, amely akkora, hogy a négy nagy („Galilei-féle”) holdját is magába foglalja.

A legközelebbi nagy hold (Io) tűzhányóktól telebűdösített légteréből részecskéket ránt maga felé, amitől a mágneses sarkain óriási sarkifény tűnemények keletkeznek. Érdekes módon úgy tűnik, mintha nem elégedne meg az északi és a déli mágneses sarkokkal, és „tart még” egy harmadik ilyen sarkot is az egyenlítője táján. Talán ez is következménye a fent említett nagy bolygó-karambolnak, ami a magját is „összekócolta”.

Magjának a becsült hőmérséklete 23 000 fok. Négy nagy holdjáról már írtam máshol. Számunkra a különösen érdekes Európa (a második belülről), amelynek jégmezeje alatt meleg tengert gyanítanak, és abban esetleg még élet is keletkezhetett. Expedíciót akarnak oda küldeni valamikor a távoli jövőben, de a Jupiter környéke az erős mágneses tér jóvoltából tele van olyan durva sugárzással, hogy az nemcsak az emberekre, de még a mérőműszerekre is ártalmas lehet. Ezért valószínűleg nem közvetlenül Európára fognak leszállni, hanem az eggyel távolabbi Ganimédeszre, vagy Kalisztóra. Onnan Európára majd csak kutató robotokat küldenek át. Aki majd megéri ezeket a kiküldetéseket, legyen szíves és gondoljon rám... (Én csak akkor érném meg, ha képes lennék 150 éves koromig nem meghalni...)

Térjünk vissza egy kicsit az exo-bolygórendszerekre. 1999-ben fölfedeztek egy vörös törpecsillagot. Ez itt most úgy hangzik, mintha nehéz lenne vörös törpéket fölfedezni. Nem nehéz! Tudniillik Tejútunk csillagállományának 75 százaléka vörös törpe. Sajnos szabad szemmel nem látszanak. Ha láthatók lennének, nagyon sokkal több csillagot látnánk az égen. Ez a csillagocska 40 fényévnnyire van innen és majdnem pontosan olyan kicsi, mint a Jupiter. További megfigyelésre jelölték ki, és pedig a *Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope*-ra bízták a csílei *La Silla* csillagvizsgálóban. Így lett a csillag neve *Trappist-1*. Magyarul, a földadat *Az áthaladó bolygókat és kisbolygókat* (figyelő) *kis távcsőre* hárult. 2016-ban egy belga csillagász a csillagnak időszakonkénti elhalványulását figyelte meg. Ő a csillag nevének különben is nagyon örült, mert a belgák a trappista nevet nem a sajtóhoz kötik, mint mi, hanem egy belga sörhöz. Kiderült hogy a törpécskét hét bolygó rajongja körül, mégpedig a földméretű bolygók nagyságrendjében! A bolygókat betűkkel jelölték a csillagjuktól távolodó sorrendben. Az alábbi táblázatból kitűnik, hogy a méretük mennyire hasonlít a Földre.

A bolygó jelölése, átmérője és az anyacsillagtól való távolsága:

- B: 14 300 km és 1,72 millió km
- C: 14 000 km és 2,37 millió km
- D: 10 000 km és 3,33 millió km
- E: 11 600 km és 4,38 millió km
- F: 13 400 km és 5,75 millió km
- G: 14 700 km és 7 millió km
- H: 9 800 km és 9,27 millió km

Összehasonlításképpen a Föld átmérője: 12 750 km, és a Merkúr távolsága a Naptól: 58 millió km.

Tehát a legtávolabbi bolygó, *Trappist-H* a törpecsillagtól mindössze hatodréssz olyan messze van, mint a Merkúr a Naptól. Csodálatos teljesítménye a csillagásznak és a ma elérhető műszertechnikának ilyesmit, 40 fényév távolságból, ilyen pontosan bemérni! Persze a csillag elhalványulásának mértéke nem csekélység. Ha a csillag átmérője csupán a tízszerese az előtte áthaladó bolygó átmérőjének, akkor az a csillag „arcának” a századrészét fedi el. Bezzeg, ha valaki a Földet figyelné meg 40 fényévről, ahogy a Nap előtt áthalad, nagyon jó műszereket kellene bírnia, mert a Föld a Nap arcának kevesebb, mint tízezrelékét fedné csak le... Elképzelhető, hogy az E-, F- és G-bolygó a csillag „élhető” sávjában kering. Hogy aztán ott létezik-e élet valóban, azt nem tudjuk. Miután a bolygók nagyon közel keringenek a törpéhez, szinte biztos, hogy kötött forgásúak, azaz a csillagjuk felé mindig ugyanazt a pofájukat mutatják. Ennek az élet szempontjából előnye és hátránya is van. Előny, mert a csillag – ez sajnos a vörös törpék általános szokása – undorítóan durva sugárkitöréseket öklendez a bolygói felé, ami lehetetlenné, vagy nagyon valószínűtlenné teszi az élet keletkezését vagy fennmaradását. Az „álló forgás” miatt viszont a csillagtól megvilágított felület határán és kicsit mögötte talán mégis eléggé védett terület létezik, ahol kialakulhat az élet és alkalm van a továbbfejlődésre. Hátrány, mert így a bolygókon nincsenek évszakok, sőt még csak nappalok és éjszakák sincsenek. Vagy állandóan „süt” a csillag, vagy állandóan sötét van, kivéve egy, nem túl széles alkony (vagy hajnal) sávot.

Sajnos a Napunknak is vannak sugár kitörései, de szerencsére jóval ártalmatlanabbak, mint a vörös törpék „tűzokádásai”. 11 évenként ismétlődnek az erősebb kitörés-sorozatok, amelyek erősebb

napszél tevékenykedéssel is járnak. De mert olyankor a Nap mágneses tere is erősebb, a mars-utazásra – például – mégis alkalmasabb az ilyen, sűrű napkitörések időszaka. Ugyanis napszél mindig van, és az ellen mindenképpen védeni kell az űrhajót. És az is igaz, hogy a kitörések idején a Napból kiinduló sugárzás veszélye is nagyobb, de a kitörések csak rövidek, viszont a sokkal veszélyesebb és állandó kozmikus sugárzás ellen jobban véd a Napnak a kitörés-szakaszok alatti, erősebb mágneses tere.

Többet a Trappist-rendszerben majd talán a *James Webb* űr-csillagvizsgáló fog „látni”. Ez a műszer elképesztő emberi munka és teljesítmény eredménye. Tervezése és elkészítése huszonöt évet vett igénybe. Rengetegen dolgozhattak rajta, ami az árán is meglátszik: közel tízmiliárd dollárba került. Néhány dolgot érdemes tudni róla. A Földtől másfél millió kilométernyire van, egy *Lagrange* ponton, aminek következtében „együtt” kering a Földdel a Nap körül. Ennek előnye, hogy nem változtatja a Földtől való távolságát. Hátránya, hogy nagyon messze van. Nem lehet egyszerűen odamenni és megjavítani, ha valami elromlik benne. Amit a *Hubble* nem tudott, érzékeli a vörösön inneni fényt (infravöröset), ami nem más, mint hősugárzás. Ennek is van előnye és hátránya is. Az előnye, hogy olyan távoli csillagrendszereket is lehet vele megfigyelni, amelyeknek már nincs szemmel látható fénye. Az ilyenek még sokkal messzebb vannak, mint amilyeneket a *Hubble* segítségével (vagy földi csillagvizsgálók távcsöveivel) láthattunk. A hátránya pedig az, hogy miután a leggyengébb hősugárzást is szeretné érzékelni, nem érhetik a forró napsugarak. Egy tenispálya méretű, rombusz alakú napernyő árnyékolja állandóan, azaz folyton „hátat kell fordítania” a Napnak. Ez pedig nem jelent mást, minthogy nem „nézhet” bárhova! Nyilván megtehet egy bizonyos szögelfordulást „jobbra” és „balra”, „föl” és „le”, de nem tudom, hogy mennyit. A jobbra-balra fordulás mértéke csak akkor érdekes és fontos, ha hosszabb ideig kell figyelnie egy irányba. Mert hiszen minden célpont, ami a Föld keringési síkjába esik, egy év alatt megtekinthető vele. De fölfelé és lefelé – sejtésem szerint – aligha tud 30-30 foknál többet fordulni. Ez attól függ, elforgatható-e a tükör a talapzatán, amely rögzített a „napernyőn”. Magának a műszernek, a parabóla tükörnek, nem szabad kijutnia a napernyő árnyékából.

Sajnos a világűr nagyon goromba környezet. A tükröt már most eltalálta egy akkora „mikrometeorit”, amekkorára nem számítottak. A csillagvizsgáló ide-oda igazgatásához – ami kis rakétalökésekkel történik – üzemanyag kell, és az valamikor elfogy, de a tervek szerint legalább tíz évre elég lesz. Ez sajnos ijesztően rövid idő egy ilyen drága műszer működtetésére, még akkor is, ha mondjuk további tíz évvel lenne képes túlteljesíteni az elvárt üzemidőt.

A mikro- és egyéb apró meteoritok komoly gondot okoznak az űrkutatásban. A Holdat látogató űrhajósok polikarbonát sisakjában jónéhány mikrometeorit becsapódást találtak, de a műanyag falat egyik sem ütötte át. Azonban egy borsszem méretű meteorit is halálos lehet, ha egy holdonjáró űrhajósna kilukasztja az űrruháját, és az nem ér menedékbe, mielőtt megszökik a levegője. Egy mogyoró méretű pedig már halálos lövés lehet, amely nemcsak az űrruhát ütheti át, hanem az egész holdkutatót, hiszen a „mogyoró” sebessége a puskagolyó sebességének sokszorososa lehet. Nem tudom, mennyire volt az a meteorit „mikró”, amely a JW-tükrét találta el, de nem lehetett olyan nagyon apró, ha itt a Földön is tapasztalni lehetett a becsapódását!

Azt mondják, hogy a Naprendszer keletkezése után félmiliárd évvel, az akkor még kószáló meteorok, kisbolygók és üstökösök bombázása a Földön még nagyban folyt, és az évmilióig tarthatott. És azt is mondják, hogy mindez lényeges volt az élet keletkezésének szempontjából, mert hogy a Földre, amikor már nem volt láva a felülete, szorgalmasan hordták az űrből a szerves vegyületeket. Ezt én több okból tartottam furcsának. Egyrészt, hogy keletkezhetnek a világűrben a Föld számára értékes, szerves vegyianyagok? Hiszen a szerves anyagokat az élőlények gyártják, és valószínűtlen, hogy ilyesmi a világűrben egyáltalán keletkezhet. Másrészt, pont az óriási földfelületen és a tengerekben ne keletkezhetnének szerves vegyületek, hiszen ehhez minden szükséges elem jelen van? Harmadrészt pedig, hogy maradhatnak meg bonyolult szerves vegyületek a meteoritokon, amikor azok fölizzanak a légkör fékezése következtében?

Nos, kiderült, hogy részemről mindez buta okoskodás volt (hogy ne mondjam: butáskodás).

1969-ben találtak egy 100 kilós meteoritot Ausztráliában („Murchison meteorit”), amelyben aminosavakra leltek. Ezek a vegyületek a fehérjék alap „alkatrészei”. Nagy csoda volt, miután ez

először fordult elő, és ezért örömkönn nagyjából abba is hagyták a további kutatást. Negyven évvel később újra nekiálltak – természetesen sokkal modernebb eszközökkel –, és rengeteg további, szerves vegyületet fedeztek föl benne, amelyekben megtalálták a születendő élet szempontjából legszükségesebb elemeket (szén, kén, foszfor, oxigén, hidrogén, nitrogén). 40 különböző ásványt is találtak benne, többek között olyan szilíciumkarbidot, amelyből a meteorit „életkorát” is meg tudták állapítani: hétmiliárd év! Azaz, két és félmiliárd évvel idősebb a Naprendszerünkénél. Ez eddig a Földön talált legrégebbi meteorit.

Tehát – ha a Földön nem lett volna eleve elég anyag az élet keletkezéséhez – a meteoritok tényleg szorgalmasan szállíthatták a kiinduló anyagokat. Mint már fentebb írtam, egyes meteorok ütközések, becsapódások folytán kerülhetnek az égitestekről az űrbe, és aztán ott esetleg évmillióig keringenek, mielőtt a Földre zuhannának. Ezért rendkívül fontos tanúi Naprendszerünk keletkezésének, és ráadásul egyes égitestek anyagát is megismerhetjük általuk, ha nagy szerencsénk van.

Erre egy példa.

A DAWN („Hajnal”) szondát 2007-ben indították a Veszta és a Ceresz kisbolygók kikutatására. 2011-ben ért a Vesztahoz és elkezdett keringeni körülötte. Többszöri pályaszűkítés után, időnként mindössze 200 kilométer magasságban repült a kisbolygó felszíne fölött, ahonnan színeképelemzéssel (gammásugár spektroszkópiával) vizsgálta a bolygócska talajának anyagát. Többek között egy 22 millió évvel ezelőtt keletkezett, becsapódási kráter is „érdekelte”. Nyolc évvel ezelőtt, Törökország keleti része fölött tűzgolyó húzott el. Röviddel utána kövecskék kezdtek potyogni az égből. Másnap reggel az emberek kivonultak a borsónagyságú „kövecskék” begyűjtésére és 340 darabot sikerült találniuk. E meteoritok legtöbbszörének anyaga Howardit. (A meteoritok 83 százaléka kondritos, ezek „achondritosok” voltak, azaz nem tartalmaztak kondritokat.) Az elemzésük után kiderült hogy a Veszta 22 millió éves kráteréből származnak.

A DAWN szonda ezután, 2015-ben átpártolt a Ceresz törpebolygóhoz és elkezdett keringeni körülötte. Legszűkebb pályáján 50 kilométerre közelítette meg a felszínét. Sajnos 2018-ban megszakadt a kapcsolat a szondával, de önszántából még sokáig fog Ceresz körül keringeni.

Ezzel meg is érkeztünk a kisbolygókhoz (aszteroidákhoz), melyeknek övezete a Mars-pálya és a Jupiter-pálya között található. Legtöbb tagja a Marshoz jóval közelebb van, mint a Jupiterhez. Természetesen nincs sehol határ a mikrometeoritoktól kezdve a meteoritokon át, az ott található legnagyobb égitestekig, hiszen közöttük a méretek nem fokozatosan ugranak mikrometeoritokról meteorit méretre, majd meteoritról kisbolygóra. Mégis, eddig kereken egymillió égitestet fedeztek föl, amely megérdemli a kisbolygó nevet. A legnagyobb közöttük Ceresz, a kereken 960 kilométeres átmérőjével, Plútóval (és Plútó néhány társával együtt) kiérdemelte a törpebolygó nevet, mert golyóalakú. (Plútóék nem ide tartoznak, hanem a Kuiper övbe, túl a Neptúnuszon.) Két kisebb társa, Pallasz (550 km) és Veszta (520 km) nem egészen gömbalakúak, ám lehet, hogy a rengeteg ütközéstől koptak krumpli alakúra.

Itt meg kell jegyezni valamit az elnevezésekkel kapcsolatban. Kisbolygót mondok aszteroida helyett, nemcsak azért, mert az aszteroida idegen szó, hanem mert lefordítva valami „csillagszerűségnek” mondhatnám, ami kevésbé találó ezekre az égitestekre, mint a „bolygószerűség”, avagy kisbolygó. Ezért vagyok kénytelen a meteorit vagy meteor szót használni, mert azok meg valójában nem „hulló csillagok”. Bár találó, de furcsa lenne használnom a *ménkü* kifejezést (eredetileg a *mennykő* nem villámot jelentett). Nálam a nagy csillagrendszerek tejutak. Tehát nem csak a miénket nevezem annak. Noha meglehetősen nevetséges elnevezés sok milliárd csillag gyülekezetére, de ha már nincs jobb, nem látom be, hogy akkor azt miért kellene görögül galaxisnak, vagy galaktikának nevezni, amely szavak ugyancsak a tej szóra épülnek.

A kisbolygóról régen azt hitték, hogy egy fölrobbant nagy bolygó alkatrészei, és ezért az össztömegüket túl nagyra becsülték. Mai becslések szerint a tömegük Holdunk tömegének mindössze 5 százaléka. (Vagy Plútóka tömegének harmadrésze.) És mai elmélet szerint éppen hogy nem fölrobbant bolygó, hanem olyan törmelék tömeg, amely a Jupiter tömegvonzásának zavaró ügyködése miatt nem állt össze bolygóvá. Közülük kereken (eddig fölfedezett) 2000 lehet veszélyes a Földre. Az

egyik: Apofisz (*Apophis*), 350 méteres szikla (ilyen esetben nem lehet átmérőről beszélni). 2029-ben közelít meg minket újra, és a Föld vonzása miatt megváltozik a pályája. 2036-ban újra közelít, ami új pályaváltoztatást jelent. Úgy tűnt, hogy 2068-ban lezuhanhat a Földre. De újabb számítások szerint, ebben az évszázadban nem következik be a lezuhanása. Persze, ha kiderülne, hogy valamikor a jövő században mégiscsak eltalálná a Földet, lenne idő kitalálni valamit az eltérítésére. Ekkora tömeg esetén ez nem látszik lehetetlennek. Nagy baj lenne, ha lezuhanna, mert látjuk, hogy egy 20 méteres óriás meteor, ami Cseljabinszk fölött robbant föl, mekkora disznóságot okozott, pedig bele sem csapódott a Földbe. A kár, amit okoz egy ilyen kozmikus bomba, mindig a sebességétől és a berepülés szögétől is függ, nem csak a meteor vagy a kisbolygó méretétől. Az is igaz, hogy a mi esetünkben nagy valószínűséggel a tengerbe zuhanna (miután a földfelület háromnegyed része tenger), ami viszont óriási szökőárt („cunamit”) okozna. Pedig a számítások (és szimulációk) szerint az energia nagy része gőzzé változtatná a vizet, és csak egy százaléka keltené az árhullámot. Sajnos még az is elég lenne rettenetes pusztításokhoz, bár egyes földrészek tengerbenyúló talapzata erősen fékezne a rombolást.

Más a helyzet Bennuval (amelyet egy óegyiptomi halálistenről neveztek el, aki azonban csak egy n-nel írta a nevét, mint a gyógyszerlánc). Kerekén 500 méter az „átmérője”, és sajnos keresztezi a Föld pályáját, ami miatt egy Földdel való ütközés nem zárható ki. Néha megközelíti a Földet 470 000 kilométerre, ami csak kicsit nagyobb távolság, mint ide a Hold. 2009-ben számították ki, hogy 0,07% az ütközés valószínűsége 2175 és 2199 között. 2016-ban végzett számítások szerint Bennu 2135-ben a Holdnál közelebb fog elhaladni a Föld mellett. Egy további számolgatás 2021-ben a 2300-ig történő becsapódás valószínűségét kevesebb mint 0,06 százaléknak ítélte.

Sajnos azonban egy egész halom, még föl nem fedezett kisbolygó is veszélyeztetheti a Földet, főleg az 50 méteres nagyságrendben, mert az ilyenek nehezen vehetők észre. Látható fény alig verődik vissza róluk. Ezért a vörösön inneni (infravörös) hullámhossz tartományban is kutatnak utánuk. Ha a Nap felől „támadnak”, esélyünk sincs a fölfedezésükre. És a már fölfedezettekkel is baj van, mert részben a Föld, részben pedig a Jupiter vonzereje is változtathat a pályáikon. Ezenkívül a Jarkowsky-hatás is szerepet játszhat. Ez a lengyel mérnök figyelmeztetett arra hogy a kisbolygók felületét állandóan süti a Nap, amitől nem egyenletesen melegnek az egyes oldalai. Igaz, hogy a Nap fénynyomása is taszítja a bolygócskát, de ez az erő elhanyagolható. Viszont a fölmelegedett oldal hősugárzása kicsit ugyancsak taszít az égitesten – rakéta módra –, ami ugyancsak nagyon kis erő, de már nem elhanyagolható. Persze ez sok minden mástól is függ, a bolygócska anyagától, annak fajhőjétől, és főleg a forgási sebességétől, mert hiszen ha elég gyorsan forog, majdnem teljesen egyenletesen melegszik, mint a malac a nyárson. Hosszú idők folyamán ez a jelenség is okozhat olyan pályamódosulást, amely veszélyessé tehet egy veszélytelennek ismert kisbolygót.

A Földet veszélyeztető kisbolygók eltérítésének lehető módszereinek sokat törik a fejüket a szakemberek. A probléma ott kezdődik, hogy egészen különböző fajta kisbolygók léteznek, ahogy azt már innen is sikerült megállapítani. Pontosabb osztályozásukhoz a legjobb lenne jónéhányhoz odamenni és megvizsgálni. Némelyik csak nagyobb szikla, némelyik pedig törmelékhalom, mint Bennu, ami inkább csak egy „kozmosz kődarab”, némelyik nagy része pedig fémekből van. Ilyen például a nagy darab Psziché (*Psyche*), amelynek egyes méretei meghaladják a 220 kilométert. Radarvizsgálatok szerint nagy a vas és nikkel tartalma. Egy hónapja űrszonda indult felé, amely azonban csak 2029-ben fog oda megérkezni. Lehet hogy valamikor egy kezdetleges bolygó (protobolygó) magja volt. Bennunál is járt űrszonda (*OSIRIS-Rex*), amelyet 2016-ban indítottak és két hónapja repült el a Föld mellett, tovább utazva az Apofisz felé, amelynek megvizsgálása az új földadata. Ittjártakor ledobott egy kapszulát, amelyben 25 deka, Bennuról lopott anyag volt. Bennuról kiderítette, hogy „lukacsos”, 60 százaléka üreg, vagyis a *laza kődarab* vagy *kavics* nem rossz kifejezés rá.

Tegnap egy egészen friss (és teljesen hihetetlen) hírre bukkantam egy, a tizenkilencedik században fölfedezett kisbolygóval kapcsolatban. Polihimniáról (*Polyhymnia*) azt állapították meg, hogy valószínűtlenül nagy fajsúlyú elemből van, ami 75,3 tonna lenne köbméterenként! A periódusos rendszerbe tartozó 92 elem közül az ozmium, 22,59-dal a legnagyobb fajsúlyú. Ez a csodaelem a kisbolygón csaknem három és félszer olyan nehéz lenne? Az eddig ismert 92 természetes elemen túl

gyártottak még egyes laboratóriumokban és részecskegyorsítókban (rettenetesen nagy „fölhajtással”) mesterséges elemeket is, persze csak néhány atomot, és azok is csak a másodperc tört részéig „maradtak életben”, aztán szétestek. Így jutottak el a 118. elemig. Vannak olyan elméletek, melyek szerint hogyha sikerül még nagyobb atomsúlyú elemeket előállítani, elképzelhető, hogy valahol megmaradó elemre bukkannak. Ilyen lehetne például a 164. elem, amelynek a fajsúlya 68,4 lenne. Itt sajnos a hihetlenségeknek és elképzelhetlenségeknek egész sora tolakodik elő. Először is valószínűtlen, hogy egy 64 kilométeres kisbolygó egyenletesen, egyetlen egy elemből álljon. Márpedig ha keverék, akkor egy részének akár 100 is lehetne a fajsúlya, ha az egész égitest 75,3 fajsúlyúnak mutatkozik. Másodszor, a 164. (csupán elméleti) szilárd elem fajsúlya jóval kisebb még a 75,3-nél is. Harmadszor pedig, ha ilyen elem létezne valahol, és nemcsak a bűdös, nagy világegyetemben, hanem saját, kényelmesen berendezett Naprendszerünkben, akkor ennek az elemnek már meteoritokban is föl kellett volna tűnnie. Szerintem csak rosszul számoltak. (Egyébként, ha valaki szeretne magából bohócot csinálni, nyugodtan nevezheti ezt a csoda-kisbolygót *Polüümniának...*)

A Földre veszélyes kisbolygók elhárítása nem lesz egyszerű dolog. A módszert az egyes típusoknak megfelelően kell majd kidolgozni, meghatározni, és az természetesen az elhárítandó kisbolygó méretétől függően is nagyon fog különbözni.

Kisebb, 50-100 méteres darabokat egyszerűen „odébb lehet lökni”. Ezt nagyobb darabokkal is meg lehet kísérelni, mert ha az előre kiszámított ütközés csak 100-150 év múlva fog bekövetkezni, a nagyon kis pályamódosítás is elég a darab eltérítésére.

Sokan úgy képzelik, hogy csak oda kell küldeni egy atombombát és az úgy el van intézve. Sajnos túlbecsülik az atombomba ilyen célokra való fölhasználásának lehetőségét. A bomba robbanása hőenergia, amely mint fegyver pusztító, mert mindent halálra perzsel és a hirtelen kitáguló levegő romboló szélvihart okoz. De a világűrben robbanó bomba nem tud nagy hatást kifejteni a hőenergiájával. Mégis vannak ilyenirányú javaslatok, hogy talán a kisbolygó mellett fölrobbantott atombomba megolvasztja a közelében lévő anyagot, amely aztán lökésszerűen hagyja el az égitest oldalát, amitől az egy kicsit elmozdul az ellenirányba. Odamenni, megfűrni a kisbolygót és a közepében helyezni el az atombombát, nem lenne egyszerű dolog, és kérdés, hogy mit érünk el vele. A föld alatt végzett kísérleti atombomba robbantások azt mutatják, hogy nem sokat. És ha az égitest csak néhány darabra törik a robbanástól, de folytatja útját a Föld felé, csak annyit értünk el vele, hogy egy nagy becsapódást több kisebb, de még mindig pusztító becsapódásra cseréltünk. Bár – szerintem – nem biztos, hogy marhaság lenne egy ilyen robbantás, például a Bennuban, miután már eleve csak laza kőrakás. Ha a robbantás évekkal a várható ütközés előtt történik, jónéhány szilánk már nem is fogja eltalálni a Földet. A megmaradó anyag pedig esetleg csak nagyon apró törmelékből áll. Ha másképp nem tudnánk eltéríteni, érdemes lenne ezt a módszert megkockáztatni. Minél kisebb darabok zuhannak a Földre, annál nagyobb a légkörünk fékező és védőhatása. A cseljabinszki óriás meteor is a levegőben robbant, és valószínűleg a Tunguzka meteor is Szibériában, 1908-ban. Persze kérdés, hogy mi okoz nagyobb disznóságot: egy város fölött fölrobbanó, 50 méteres szikla, vagy a becsapódása egy darabban?

Volt egy ötlet a kisbolygó „méhecskével” való eltérítésére. Ezek a „méhecskék” – melyekből sokat kellene az égitesthez küldeni – olyan szondák lennének, amelyek a napenergiát változtatnák elektromos energiává, és annak segítségével erős lézersugarakat irányítanak a bolygócskára, remélve hogy a hősugárzás, vagy esetleges, leváló, olvadt anyag, tolóerőt keltenének. Igaz, hogy ezt a módszert – ha egyáltalán működne – nem lehetne forgó égitestnél alkalmazni, vagy ha mégis, a sarkok felé kellene „lőni” a sugarakat, mert hiszen mindegy, hogy a pályamódosítás az égitest gyorsításával, lassításával, oldalirányú kitérésével jár, vagy a pályasíkról való letérítéssel.

Nekem is van egy elgondolásom arra az esetre, ha túl nagy, szilárd darab célozná meg a Földet, amit „saját erőnkől” nem tudnánk eltéríteni. A terv megvalósítása csak akkor sikerülne, ha szerencsénk lenne és találnánk egy „kezelhető” kisbolygót, tehát 50-100 méteres nagyságrendben, vagy talán kicsit nagyobbat is, amelynek a keringése retrográd. Akkor – ha lenne rá időnk – a Földet veszélyeztető, nagy darab égitestre irányíthatnánk kevéske pályamódosítással. Az ütközésnek nagyon

nagy hatása lenne, mert a két tömeg „szembe” rohanna egymásnak. Földünk 30 kilométert tesz meg másodpercenként. Egy földpályát keresztező égitest hasonló sebességgel keringhet a Nap körül a mi vidékünkön, és az általunk irányított „lövedék” sebessége se különbözhet nagyon. Azaz, az ütközés sebessége 50-60 kilométer lehetne másodpercenként. Tudjuk, hogy a mozgásenergia mértéke a sebesség négyzetétől függ. Egy ilyen lökés egy 100 m átmérőjű lövedék esetén – ezzel a sebességgel – talán még egy-két km méretű égitestnél is okozhatna valami pályamódosulást. A lövedék pályamódosítása esetleg még egy kis gyorsítással is járhatna. Nem hiszem, hogy ez a módszer másnak még nem jutott eszébe, hiszen nem titok, hogy a millió kisbolygó között jónéhány akad, amely „visszafelé” kering a Nap körül.

Az első kísérlet egy kisbolygó pályamódosítására tavaly zajlott le nagy sikerrel. Ez volt a Didimosz és Dimorfosz (Didymos+Dimorphos) nevű, egymást kerülgető kisbolygókhoz küldött DART szonda: *Double Asteroid Redirection Test*, azaz: *Kettős Kisbolygó (egyikének) Irányváltoztató Kísérlete*. (Magyarul lehetett volna a szonda neve KKIK, ami bizonyos mértékig angolul is érthető és találhatóbb, mint a DART, ami lándzsácskát jelent.) Didimosz átmérője kerekén (mert hát nem pontosan golyóalakú) 780 m, Dimorfoszé 160 m. A szonda egy fél tonnánál kicsit nagyobb tömeget lőtt Dimorfoszba, másodpercenként 6 kilométeres sebességgel (ami testvérek között is 18-szoros hangsebesség!). Dimorfosz kerekén 12 óra alatt tett meg egy kört Didimosz körül. A cél az volt, hogy a féltonnás tömeg becsapódása ezt az időt 10 perccel tegye rövidebbé. Valójában 33 perccel rövidített! Meg kell jegyezni, hogy ezt a kísérletet nem a Földet veszélyeztető kisbolygók egyikén „követték el”. Tehát abból semmi kárunk nem származhatott volna, ha a kísérlet (bármilyen durva módon) félresikerül.

Említésre méltó, hogy DART ionrakétával haladt, akárcsak a DAWN szonda, amelyről föntebb már esett említés. Az ionrakéta működési elvét itt nem írom le. Elég annyi hozzá, hogy örült kis tolóerővel rendelkezik, de azt napokig, vagy még tovább, fönnt tudja tartani, ami – bár kicsi, de – állandó gyorsulást jelent. Az a hátránya, hogy ilyen rakétával nem lehetne elindulni a Föld felszínéről, viszont előnye, hogy a hosszú működtetési idejének köszönhetően, hosszú távra – például a Marsra – sokkal gyorsabban lehetne eljutni vele, mint a vegyszert vagy Hidrogént égető rakétákkal.

A „kisbolygó-veszély” sajnos tény, de jó hír, hogy az olyan óriási égitest lezuhanása a Földre, mint amilyen 66 millió évvel ezelőtt pusztított, belátható időn belül nem történhet meg. Viszont az, hogy egy 20-50 méteres darab egyszer csak – teljesen váratlanul – a nyakunkba szakad, sajnos – egyelőre – nem lehetetlenség. A helyzet azonban folyamatosan javul – ami a váratlanságot illeti –, mert nap mint nap fedeznek föl egyre több kisbolygót ebben az „apró” nagyságrendben. És a védekezés módszereinek kitalálása, kidolgozása ugyancsak folyamatban van. Mint látjuk, még nagyon „kézzelfogható” kísérletek elvégzésével is.

Hogy hány kisebb meteor éri a Földet naponta, hetente, havonta, évente, nehéz lenne megmondani, de nem lehet túl kevés. 2018 nyarán volt egy gyönyörű, hosszú holdfogyatkozás. Én is kimentem egy előnyös szemlélődő pontra megbámulni. (Nem győztem a szúnyogokat csapkodni, mert sajnos a szemlélődőpont nekik is előnyös volt.) Nos, nem én voltam az egyetlen szemlélődő, mert sokan távcsővel is figyelték, és valaki egy villanást látott a Hold képén. Megállapították, hogy egy kerekén 50 centiméteres meteor becsapódása volt, amely egy 13 m átmérőjű krátert okozott.

Érdekességgént említenem meg Oumuamúát, habár nem hiszem, hogy olyan valaki, aki képes volt idáig elolvasni e viszonylagosan száraz (hogy ne mondjam, idegbénító) írásomat, ne hallott volna róla. 2017-ben látták meg, és Hawai-i bennszülött nyelven *távolról jött hírnököt* jelent a furcsa név. Nagy sebességéből ítélve, nem lehetett a Naprendszerünk gyermeke. Csak a csillagközi térből jöhetett. Ez volt az első ilyen égitest, amelyet sikerült fölfedezni. Sajnos nem sokat tudunk róla, mert amikor fölfedezték, már kifelé tartott a Naprendszerből. Legnagyobb sebessége másodpercenként 87 kilométer volt. Ez kicsit több mint az óránkénti 300 000 kilométer, amellyel egy és negyed óra alatt érne a Földről a Holdra (11-szer olyan gyors, mint a földközeli műholdjaink, tehát 250-szeres hangsebesség...). Eleinte szivaralakúnak látták, ami azért furcsa, mert a kisbolygó-öv egymilió égiteste közül egyik sem szivaralakú. Hossza 100 és 400 méter között lehetett. Másik furcsasága volt, hogy két oldalának

fényessége nagyon különbözött egymástól. Ezért arra is gondoltak, hogy nem szivar-, hanem vastag palacsinta formájú és amikor azt hisszük, hogy a sötétebb oldalát látjuk, akkor tulajdonképpen az éléről nézzük. De a legkülönösebb az volt, hogy távolodó mozgása mintha gyorsított lett volna. Ezen még ma is vitatkoznak, mert igaz, ha üstökös lett volna, akkor a Nap felé történő „kigázolása” adhatott volna neki egy enyhe kis gyorsítást, csak hogy ilyen kigázolást nem láttak mögötte. Ezért aztán voltak olyanok, aki komolyan idegen, értelmes lények űrhajójának vagy szondájának tartották.

Nem ijesztgetésnek szánom, de meg kell említenem, hogy az üstökösökkel nem állunk olyan jól, mint a kisbolygókkal. Vannak ismert, rövid időközökben megjelenő üstökösök, amelyek valahonnan a Kuiper öv felől jönnek, és vannak hosszú „lejáratú” üstökösök, amelyek bárhol jöhetnek, illetve persze, valószínűleg az Oort féle „felhőből” jönnek, amely gömbalakban veszi körül a Naprendszert. Eddig 6300 ilyen üstökösöt figyeltek meg. Ezért kiszámíthatatlanok, váratlanul jöhetnek, és ráadásul csak akkor fedezhetők föl, amikor már csak néhány kevés évnnyire van a megérkezésük. Védekezésre nem marad idő. Ha látjuk, hogy a Földnek irányulnak, akkor már csak imádkozásra nyílik lehetőség. Mondanom sem kell, hogy a pusztítás mértéke nem lenne sokkal kisebb, ha egy kilométer nagyságrendű tömeg „csak jég” és nem szikla, ha az a Földre zuhan.

Ilyesmi sajnos bármikor bekövetkezhet, de szerencsére elég ritka eset. Ám ha már nem tudunk védekezni ellene, milyen jó lenne, ha az időnk egy ilyen csapásig az élet élvezetével, és nem pusztító háborúban, egymás gyilkolásával töltenénk. Mellesleg, ez akkor is jó lenne, ha soha ilyen csapástól nem kellene tartanunk...

1,3 millió év múlva fog elhaladni egy „narancs törpe” az Oort-felhő közelében. (A narancssárga törpe a vörös törpe csillagoknál kicsit tüzeesebb, forróbb.) Akkor ott megzavarodhat a rengeteg üstökös és jónéhány indulhat a Naprendszer belseje felé. De ez legyen majd az akkor még remélhetően létező emberiség gondja, ne a miénk, ma.

Itt visszatérek egy kicsit az életnek, helyesebben a miénkhez hasonló, technikai civilizációk létezésének valószínűségére – vagy valószínűtlenségére. Abban, azt hiszem, megállapodhatunk, hogy az élet nyüzsg rengeteg exobolygón, viszont könnyen lehet, hogy csak baktériumok, moszatok, esetleg gombák és növények formájában. De van-e még technikailag magasan fejlett társadalom, rajtunk kívül a Tejúton?

Azt mondtam, hogyha a Tejút 200 milárd csillagból áll és minden csillag körül – átlagosan – öt bolygó kering, akkor az egybilió bolygó. Ez igaz is lehet, meg talán nem is. Miután a Tejút csillagainak 70 százaléka kettős párok tagja, kérdés, hogy létezhetnek-e bolygók kettős csillagok körül. Valószínűleg létezhetnek, de talán csak a kettős egyik csillaga körül, és akkor is csak ha a két csillag elég messze van egymástól. És vajon megengedi-e az égi mechanika az ilyen esetekben is, hogy egy bolygón három és fél-négymiliárd évig egyfolytában megfeleljenek a körülmények az élet létezésének?

Aztán – ahogy egy csillag körül létezik egy „élhető” sáv – a Tejútnak is van ilyen élhető területe. A közepéhez közel sűrűbben vannak a csillagok, és ezért sűrűbben robbannak a szupernóvák, amelyek a közeli csillagok bolygóin újra meg újra megszakíthatják az élet fejlődési folyamatát. Igaz, hogy a Tejútunk csillagainak 99 százalékából nem lehet szupernóva, mert nem elég nagy a tömegük. És az is igaz, hogy itt csak 3-400 évenként robban egy-egy belőlük, de az mégis akadályozó körülmény lehet, ha egy ilyen civilizáció kifejlődéséhez olyan rettentően sok idő kell, mint amennyire itt a Földön volt szükség.

A Tejút külső vidékein pedig talán a túl ritkán robbanó szupernóvák következtében nincs meg a bolygókon mind a 92 elem. És ha valami lényeges hiányzik, akkor a bolygóra hiába cipelik a meteoritok az értékes, szerves vegyületeket, a tömeges élethez nincs elég anyag. Kérdés, hogy ott magasabbrendű élet kifejlődhet-e egyáltalán?

Aztán jön a legkellemetlenebb kérdés: Meddig él egy technikai civilizáció? Mérget vehetünk-e rá, hogy a miénk létezik még 50 év múlva? Vagy akár 20 év múlva? Hiszen a kezünkben van, hogy magunk pusztítjuk el. És, ha tízezer évig élne egy-egy ilyen társadalom, talán olyan ritka, hogy velünk „egy időben” éppen nincs egy sem a Tejúton. Az „egy időt” persze viszonylagosan értem. Ha 50 000 fényév távolságból most fogjuk értelmes idegenek jeleit – amelyek esetleg már 40 000 éve nem

léteznek – akkor azt velünk egyidejűnek érezzük, mint ahogy a ma látható csillagos eget is a velünk egyidejűnek fogjuk föl, pedig esetleg némelyik csillag a valóságban már régen nem is létezik.

Megígértem, hogy marhaságokról is fogok írni. *Vigyázat, nagy marhaság következik!* Marhaság a köbön! Sőt, ahhoz amit leírok, még a köbmarhaság is csak szégyenletesen enyhe kifejezés.

1964-ben, amikor még idegen civilizációknak se híre, se hamva nem volt (mint ahogy még ma sincs), és az exobolygók is csak elméletileg léteztek, az orosz Nikoláj Kardasov fölállított egy sorrendet, amely a technikai társadalmak általa elképzelt (és lehetségesnek tartott!!!) fejlődési fokozatait mutatta be. Ez a híres Kardasov-skála.

Az első fokozat, amikor egy technikailag értelmes lény a bolygójának összes elérhető energiáját teljes mértékben használja. Itt, ugyebár, mi még messze nem tartunk, mert ehhez nemcsak a Földre jutó, teljes napenergiát, hanem a Föld belsejének hőenergiáját, továbbá a tengerekben található nehézvíz Deutériumát és Tríciumát (a mag-egybeolvasztó erőművekben) teljes mértékben használnunk kellene. Kardasovban, aki nem annyira orosz, mint inkább vonalas szovjet lehetett, föl sem merült a kérdés, hogy mi a fészkes fenét csinálnánk annyi – elképesztően rengeteg – energiával?

Jó! Gyűhet a második fokozat, amelyben a technikailag értelmes (de különben valószínűleg teljesen hülye) élőlény még ezzel az energiamennyiséggel sem elégszik meg, és elintézi, hogy az anyacsillagának teljes – tehát a minden irányban kisugárzott – energiáját használni tudja...!

Itt eszembe jut a régi vicc: Az öreg halász kifog egy halacsát, amelynek egy kis mikroszűz van a fején. A halacska jajgat enyhén, aztán megígéri, hogy a halász három kívánságát teljesítené, ha az visszadobná őt a tengerbe. A halász megbízik benne (igen, a mesében ilyen lehetetlenségek is vannak, hogy valaki megbízik egy addig sose látott, idegen élőlényfaj tagjának a szavában), és kezdi sorolni a kívánságait: 1) Legyen az egész tenger rumból! 2) Ha hazamegy, a felesége fiatal és kegyetlenül csinosná vált nőként várja őt (lehetőleg már az ágyban, hogy ne kelljen sokat vacakolni)! 3) Itt soká gondolkozott az öreg és megerőltetően törte a fejét (a halacska közben kétségbeesetten tátogott), végül kibökte: még egy üveg rumot!

Am ez csak gyöngé hasonlat, mert a második fokozat képzelt élőlénye, miután a tengere már rég rumból volt, harmadiknak egy Jupiter-méretű, rummal telt hordót kívánt magának.

A harmadik fokozat: a technikailag most már alig tovább fejlődhető lény az egész hazai tejútjának teljes energiakészletét saját céljaira tudja használni. Ne fáradozzunk azzal, hogy megpróbáljuk ennek a megvalósítási lehetőségét elképzelni, hiszen aki belekezd ebbe a vállalkozásba, azt veszi észre, hogy a legközelebbi, szomszéd csillaghoz is 10 000 évig tart majd az utazása. Hogy aztán annak az energiáját hogyan fogja hazahozni, azon majd lesz ideje gondolkozni a tízezer évig tartó utazáson. És ha egy kicsit tovább számol Kardasovnál, arra is rádöbben, hogy a harmadik fokozat követelményének teljesítéséhez, tejútjának további 200 milárd csillagától is el kell rabolnia az energiát, melyek között olyanok is lesznek, amelyek 50 000 vagy 70 000 fényévnnyire vannak tőle... Sajnos erre a fokozatra már hasonlat-viccet sem lehetne kitalálni.

Nade! Nincs az a szénásszekér, amelyre... Illetve nincs az a köbmarhaság, amire ne lehetne még egy lapáttal rátenni. Egy Freeman Dyson nevű jóember elgondolta, hogy hogyan valósíthatná meg egy, a második Kardasov-fokozatra áhító lény a technikai álmait? Pofon egyszerű! Kell csinálni egy belül üres gömböt és annak a belső felületét ki kell teljesen bélelni napelemekkel. A gömb átmérőjének a mi esetünkben mindössze akkorának kell lennie, mint a földpálya átmérője, ami csekélyke 300 millió kilométer. Untig elég lenne, ha a gömböcske falvastagságát három méteresre tervezzük. Nagyszerű! Már csak anyagot kell szerezni hozzá, ugyanis röpké számolgatásom szerint, ennek a gömbfalnak a térfogata 339 bilió köbkilométer lenne, ami elég sok anyag, még akkor is, ha a gömbfalat csupán habpulisztírokból csinálnánk. Összehasonlításképpen, a Föld térfogata 1,08 bilió köbkilométer (tessék utánaszámolni!). Aztán már csak neki kellene állni a fölépítésének. Igaz, hogy már a fölépítéséhez (az anyagbeszerzésről ne is beszéljünk) kellene az az energia, amely majd csak akkor állna rendelkezésünkre, ha már elkészült és hibátlanul üzemel Dyson bácsi gömböcskéje. De ezt a gondot hagyjuk Dyson bácsi rendkívül szorgalmas, technikai fenegyerekeire...

Azt mondtam fõntebb, hogy Dyson ezt a második Kardasov-fokozat technikai keresztülvihetõségének bizonyítására találta ki. Nem! Tévedtem! Erre a hülyeségre teljesen egyedül volt képes, mert az ötlete 1960-ból származik, amikor Kardasov talán még nem is gondolt arra, hogy valamikor majd skálázgatni fog... Hát, nem azért mondom, de mennyivel közelebb áll a valóságban elképzelhetõhöz, hogy egy királylány megcsókol egy békát, és akkor abból királyfi lesz (még akkor is, ha megcsókolatlanul, csupán falhozvágástól válik azzá)! Dehát a hatványozásban nincs fõlsõ határ, a kõbmarhaság után jöhet a marhaság a negyedik, ötödik és további hatványokon.

Íme: Fõlmerült a kérdés (nem tudom kiben és azt sem tudom, hogy az illetõ hogy' vehette komolyan magát?), hogy miképp lehetne egy ilyen, második Kardasov-fokozaton tengõdõ civilizációt innen a Fõldrõl fõlfedezni? Egyszerû: a napelemek – a második fokozatú, kardasovista mukik legnagyobb sajnálatára – nem változtathatják át a napsugarak energiájának száz százalékát elektromos árammá, és átmelegszenek. És miután a három méter vastag gömbfal – bármibõl legyen – sem szigetelhet száz százalékosan, a Dyson-gömb hõt sugároz, ami nem más, mint vörõsõn inneni fény (ha úgy tetszik: infravörõs), és az fõlfedezhetõ. És tényleg, csillagászok kutattak ilyen, hõt sugárzó, Dyson-gömbök után! Ne számolgassuk, hogy ez a hülyeségnek hanyadik hatványa... Ez még akkor is túl lenne a józan (viszonylag alacsony hatványú) marhaságon, ha egyébként 50-60, „közönséges” (azaz mezei, réti, erdei), technikai civilizációk lényeivel már régen tegezõ viszonyban lennének...

Ámde térjünk vissza olyasmire, ami (legalábbis a tudomány mai állása szerint) nem marhaság. Vessünk egy pillantást Tejútunkra, amelyrõl eddig csak mellékesen esett említés. Sajnos – habár miért lenne ez sajnós, hiszen minket néhány millió évig még nem érint – Tejútunk kiõregedett. Egyes becslések szerint a benne megszülethetõ csillagok 95 százaléka már megszületett. Elfogyott a csillagkeletkezésekhez szükséges, még lefoglalatlan hidrogén és por. Igaz, hogy kerülgeti a Tejutat egy óriási hidrogénfelhõ, amelyet Smith-felhõnek neveznek *Gail Smith* csillagászholgyrõl, aki még mint holland egyetemista lány fedezte fõl 1963-ban.

A felhõ hossza 11 000, vastagsága 2 300 fényév, és a Tejút 27 millió év múlva fogja elnyelni. Belõle egymillió új csillag születhet, ami azonban Tejútunk méretéhez (és feltehetõ hidrogén-szomjához) képest csupán aprócska falat, jobban mondva: korty. Azonban sokkal több hidrogénnel õrvendeztetheti meg Tejútunkat az Androméda csillagrendszer, ha e két tejút egybeolvad, amely eset már 4 milliárd, de az is lehet, hogy csak 10 milliárd év múlva fog bekövetkezni.

Az Androméda a legközelebbi szomszédunk, Tejútunktól két és fél millió fényévnnyire van, de talán nem sikerült jól kiszámítani a közeledési sebességét, hogy a két idõpont között ilyen õrületesség van. Az is világos, hogy már nagy idõkülönbséget jelent, ha a két szomszéd találkozását (érintkezését) számolom, vagy a teljes egybeolvadását. Abban viszont nem vagyok biztos, hogy a ma hidrogén-gazdagnak mutatkozó Andromédában lesz-e még 10 milliárd év múlva is elajándékozni való hidrogén? Hiszen tízmilliárd évnél nem sokkal több az egész Tejútrendszerünk jelenlegi életkora, és tízmilliárd év múlva az Androméda sem lehet majd húszmilliárd évnél fiatalabb...

Arról már volt szó, hogy a bolygórendszerek kialakulásánál a kisebb bolygók egy részét a nagyobbak egyszerûen számûzhetik, és hogy valószínûleg ilyenekbõl rengeteg kószál tanácstalanul a Tejút csillagközi terében. Nem tudom, min alapul a becslés, amely szerint kétszer annyi csatangoló bolygó lehet, mint csillag (ez a szám 400 milliárd lenne...!), de ez nem túlzottan megnyugtató, hiszen õnfényük nincs és ezért láthatatlanok. És nekünk már azzal is kellemetlenséget okoznának, ha túl közel merészkedve megzavarnák az Oort-felhõ békés üstökõseit.

Ám ilyen vándorokból nem csak bolygó van, hanem csillag is. Ezek a gyorsan rohanó csillagok, amelyek – nem úgy, mint minden tisztességes csillag, a Tejút középpontja körül keringenek, hanem – össze-vissza száguldanak, céltalanul, és azt nagy sebességgel teszik. Míg a Napunk kedélyesen kering, másodpercenként 230 kilométeres sebességgel, addig ezeknek a vadóc csillagoknak némelyike 1000 kilométert tesz meg egy másodperc alatt. Hogy' történhet ilyesmi? Tudjuk, hogy a legtöbb csillag párosával „él”. Ám a párok nem mindig – sõt, valószínûleg csak ritkán – „egyvetéjû ikrek”, azaz méretkülönbség van közöttük, ami az „életfolyamatuk” különbözõ sebességét okozza. A Nap-féle csillag egy idõ után vörõs óriássá fuvalkodik, de belül marad egy magja, amely fehér törpévé

zsugorodik és még sokáig „él”. A fölfuvalkodott, vörös burok pedig szétszéled az űrben, miután a forró magja fűdögálja belülről. A maradék, a fehér törpe, esetleg nem sokkal nagyobb a Földnél, viszont a felülete akár 100 000 fokos is lehet. Ezen kívül ibolyántúli és Röntgen-sugarakat is bocsájt ki magából. A Napnál jóval nagyobb csillagok nyolc-tízszeres naptömeggel meg rendszerint szupernóvaként végzik életük első részét. De előtte ugyancsak vörös óriássá fuvalkodnak. Ezt teszi most éppen a Betelgeuze, az Orion „bal fölső” csillaga (Orion jobb válla). Namármost. Ha egy kettőscsillag egyike fölrobban mint szupernóva, rengeteg anyagot tüntet el, és a megmaradtat is szétszórja, ennek folytán megszakad kettőjük között a szigorú tömegvonzás, és a föl-nem-robbant pár elröppen a centrifugális erő következtében, de magával viszi az eredetileg velejáró keringő-sebességét. Pontosan az történik, mint amikor eleresztjük a jól megforgatott parittyá egyik szárát, amitől a kő nem csak a hajításunkkal elért sebességet viszi magával, hanem a forgatásból nyertet is. (Bár nem tudom, ki használt valaha parittyát, kedves Olvasóim közül? Jómagam megelégedtem a csúzlival, mint könnyebb fegyverrel.) Ugyanez történhet, ha a páros egyik tagját *fekete luk* rabolja el, mert túl közelre szemtelenkedtek *őfelségéhez*. Így keletkeznek az örülden, a megengedettnél messze nagyobb sebességgel rohanó csillagok.

Mi marad a szupernóvák után?

Az attól függ, hogy mekkora volt a csillag tömege. Ha elég nagy volt, a maradék fekete lukká zsugorodhat. Ha nem érte el a fekete lukká váláshoz előírt tömeghatárt, akkor *neutron* csillag lesz belőle. Hogy az mi, azt nehéz elképzelni (nem mintha a fekete lukat könnyű lenne...). Tudjuk, hogy az általunk ismert anyag atomokból van. Az atom magja pedig protonokból és neutronokból áll, amelyeket elektronok keringenek körül. Elképzelhetünk egy atomot úgy, hogy a protonok és neutronok teniszlabda méretű golyók, az elektronok meg borsó méretű gyöngyöcskék. Igenám, de ha ekkorára nagyítjuk az atomot, akkor az atommag lehetne hat-nyolc teniszlabda egy műanyagzacskóban a fudbálpálya végén, és a borsók olyan messze keringenének körülötte, mint a pálya másik vége. Aztán jönne a következő atommag, amely az elsőtől két fudbálpálya-hossznyira lenne. Ennyire „üres” az általunk ismert anyag szerkezete. A proton pozitív töltésű, az elektron negatív. A neutron pedig semleges. Képzeljük el, hogy eszeveszett nyomás következtében az elektronok belenyomódnak a protonokba és lesz belőlük neutron. Ráadásul az atommagok – amelyek most már csak neutronokból állnak – összezsúfolódnak egymás hegyire-hátára, azaz nem marad meg közöttük a rengeteg üres tér, ami az általunk ismert anyagokban dőzsöl. Ez a neutron csillag anyaga. Nem csoda hát, hogy míg a legnehezebb elemünkben egy köbcenti kicsit több mint 22 gram, addig a neutron csillag anyagából (ha azt lehet még anyagnak nevezni) egy köbcenti súlya annyi lenne, mint egy óriási hegységé. És az egész csillag átmérője 10-20 kilométer, pedig a tömege akkora lehet, mint a Napé. Közben fenemód pörög, hogy miért, azt a piruettező műkorcsolyázó példáján főntebb elmagyaráztam.

Nem minden kettős csillag egyike rohan világgá, ha a párja szupernóvaként robban. Mondjuk, a szupernóva „hagyatéká” neutron csillagként él tovább. Akkor a párja, normális életfolyamatának egy pontján, vörös óriássá fuvalkodik föl. Így az anyagából egyre több kerül a párja közelébe, amely hálásan elrabolja tőle, amitől egyre gyorsabban pörög.

Hogy miért van ez így, és a lopott anyag miért nem fékezi inkább, azt nem tudom. Mert hát a neutroncsillag a potya anyagtól nem zsugorodhat tovább (az ütközésig zsúfolt neutronok már nem zsúfolódhatnak jobban össze) és ezért a műkorcsolyázó már nem segíthet rajtam, de okos fizikusok kiszámították, hogy a pörgése gyorsul (és én nem vagyok okos fizikus). Ha a pörgő neutron csillag valamilyen sugárnyalábot lövell ki, és a sugár nem esik egybe a forgástengelyével, akkor azt lüktető villanásoknak látjuk. Ezért nevezik ezeket a pörgettyűket pulzároknak. A leggyorsabb ilyen másodpercenként 716-ot fordul. Ezek a „milisec” pulzárok, azaz ezred-másodperc pulzárok. Nehéz elképzelni, hogy egy asztalon pörgetett pörgettyű hétszázat pördül (ami percenként 42 000 fordulat lenne), hát még ha nem asztali pörgettyű, hanem 10-20 km méretű égitest! Számolgatták, hogy mi lehet a fordulatszám felső határa, amelynél már szétrepítené a csillagot a centrifugális erő. Másodpercenként 1500 körül lenne, ami persze a csillag méretétől is függ, mert nem hiszem, hogy a fekete lukká válás

és a fehér törpévé válás között olyan szűk lenne a tömegtartomány, hogy az egységes tömegű, „szabvány” neutron csillagokat eredményezne.

Egy elmélet szerint másodpercenként 1000 fordultnál a csillagot „tömegvonzó hullámok” hagyják el, ami már jobban fékez, mint amennyit a további, lopott anyag gyorsít. Ezeket a hullámokat fölfedezni kívánták, amikor még nem sikerült bebizonyítani, hogy ilyen hullámok egyáltalán léteznek. De ezeket a hullámokat sem értem, mármint, hogy egy forgó test – bármilyen gyorsan forog és bármilyen „sűrű” tömegű – miért bocsájtaná ki magából? De, mint mondom, nem vagyok okos fizikus. Amit részben sajnállok, részben örülök neki, mert manapság a nagy szaktudás egyoldalúsodási kényszerrel jár. Kivéve, ha valaki zseni. De mit kezdenék a nagy fizikai tudással, ha a végén kiderülne, hogy nem vagyok zseni...? Kicsit úgy állnék ott, mint számár a hegyen.

Miért kellenek interdiszciplináris (szakok-közti) tudású emberek ?

Nem új, amit itt mesélek
és nem nevetni való,
mert bár humorosan hangzik,
merőben igaz, való:

A szakértő azért az, mert
van egy terület, vagy szak,
amelyről ő sokat tud, sőt,
legtöbbnyire arról – csak!

És miután szükséges a
specializálódás,
egyre szűkebb területről,
egyre nagyobb a tudás.

Hová vezet e folyamat,
szakértőnkkel hova fut?
Területe nullává lesz,
arról viszont MINDENT tud ...

Hägglingen, 2001 X. 5.,
Zollikerberg, 2023 XI. 16.

Jövendölés és javaslat

Mert a kozmikus sugárzás nem csak gyerekmese,
amitől a vilgűrben nem véd meg semmi se,
fejlődhet a technikánk még nagyon magas fokig,
sosem fogunk eljutni a szomszéd csillagokig.

Lesznek nálunk ügyesebb és okosabb robotok;
csillagközi utat jósolni, nekik se tudok.
Noha bizakodó vagyok és messzire látok,
csillagközi utazáshoz túl nagyok a távok.

Fénysebesség ezredrészét – bár jóslatom ronda –
jármű nem lépi túl soha, csak műszeres szonda.
És azzal az ezredrésszel sokra nem megy senki,
kinek van kedve mélyhűtve évezrekig menni?

Avagy családok mennének? Tán egy egész falu?
Sugárvédelemre, jármű, nagyon vékony falú.
Métervastag ólom fala sajnos alig leht,
s a fránya sugár azon is áthaladni szeret...

Na-meg-aztán mekkora lenne egy ilyen hajó?
Mint egy kisebbfajta város – becslésem hogyha jó. –
És a bennelévő népség – akármilyen derék –
elkorcsosult lenne tán már az ötödik nemzedék.

Ám, tízezer éves úton, ha jól belenézek,
épen kéne maradnia négyszáz nemzedéknek!
Így – kedves olvasóm – sajnos vidítani nem bírlak,
amit akkor elérnének, csak „közeli” csillag...

Mi lenne hát ez a „kis” táv – hangom félve kérdez –
A Tejútunkat átfogó százezer fényévhez?
Javaslatom – földi vándor – bár szomorún hangzik:
sose vágyakozzál tovább, csupán csak a Marsig.

Zollikerberg, 2023 XI. 18.