

MAGÁNYOS EMBERISÉG ?



Filozófiai Vitakör – 2014
Gesztési Albert előadása

Mennyire egyedi jelenség az Univerzumban az élet, a tudat, az értelem és az intelligencia? Vannak-e rajtunk kívül más lakott világok, emberiségek? Ez a kérdés az ókor óta foglalkoztatta az embereket.

„Végtelen számú, a mienkhez hasonló vagy attól különböző világ létezik. Hinnünk kell, hogy az összes világban vannak növények, élőlények meg egyéb dolgok...”

Epikurosz, i.e. 340. körül

„Be kell hát ismernünk: egyebütt is létezhetnek, mint a mienk, oly földi világok. És azokon más emberek és más állati fajták.”

Titius Lucretius Carus, i.e. I. század

„Számptalan nap létezik, számtalan föld létezik, amely kering a maga napja körül, ahogy a mi hét bolygónk kering a mi Napunk körül...ezeket a világokat élőlények lakják.”

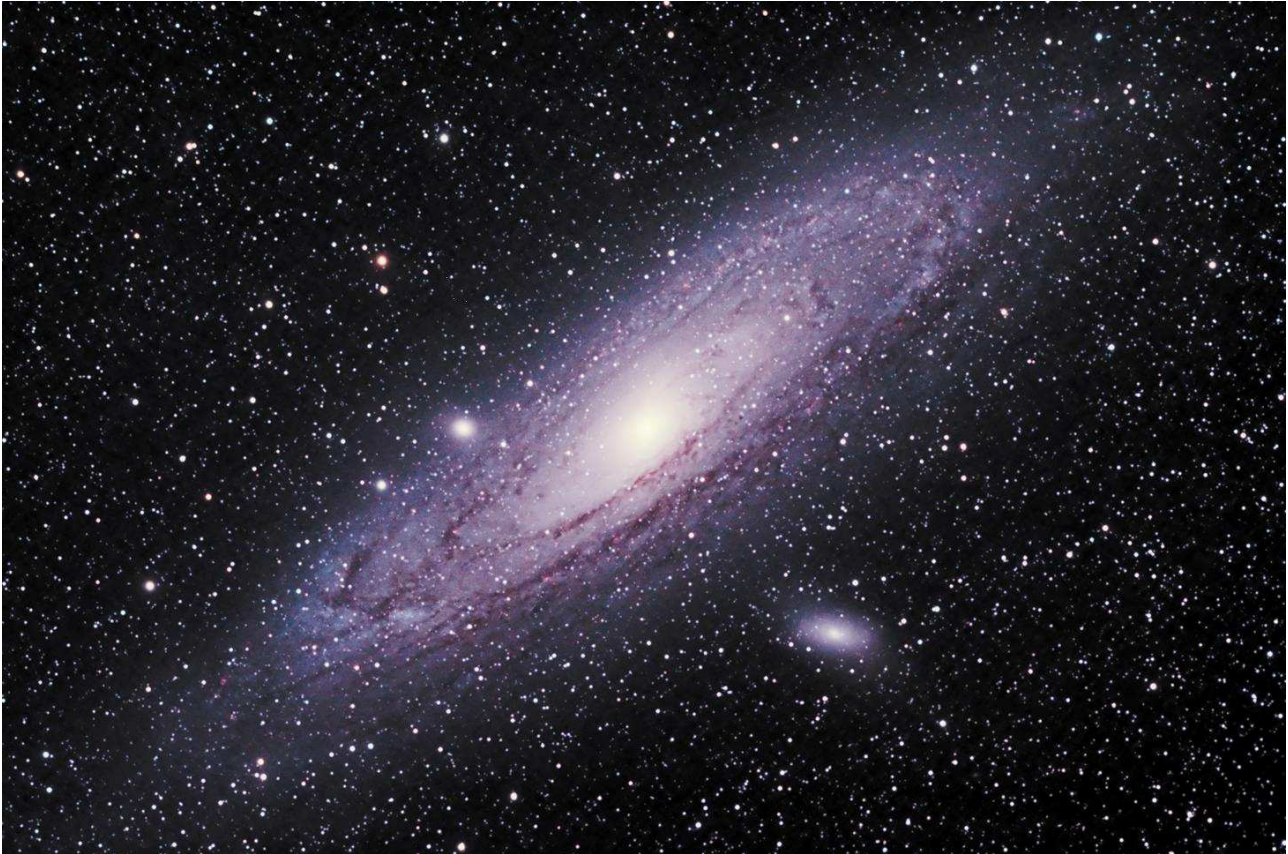
Giordano Bruno, XVI. század

„A világnak egyetlennek kell lennie. Nem létezhetnek más világok.”

Arisztotelész, i.e. IV. század

A vélemények természetesen megoszlanak, de a legtöbben úgy gondolták, hogy más planétákon is élhetnek hozzánk hasonló lények. Még akár kétszáz évvel ezelőtt is úgy hitték, hogy a Holdon, a Marson, a Jupiteren, de még a Napon is élhetnek emberek. Napjainkra meglehetősen pontos ismeretekkel rendelkezünk a körülöttünk lévő égitestekről. Tudjuk, hogy fejlettebb életforma a Naprendszerben nem létezik rajtunk kívül. De nem lehetünk biztosak abban, hogy néhány helyen, pl. a Marson, a Jupiter egyik holdján, az Európán, vagy a Szaturnusz holdján, a Titánon nem létezhet valamiféle primitív életforma. Ám minket most az a kérdés érdekel, hogy a Földön kívül egyáltalán létrejött-e valahol az élet és ha igen, akkor a fejlődésének csúcsán megjelent-e egy hozzánk hasonló intelligens lény.

Elegendő, ha kiindulásként csak a mi csillagvárosunkban, a Tejútrendszerben vizsgálódunk.



Tejútrendszerünk egy spirális galaxis (a fenti kép a miénkhez hasonló Androméda galaxisról készült), amelynek átmérője kb. 100 000 fényév és mintegy 200 milliárd csillagot foglal magába. 200 milliárd csillag, az hihetetlenül sok: azt a reményt ébreszti bennünk, hogy ezek között biztosan sok olyan lehet, ahol megszületett az élet és kifejlődött az értelem.

Ha alaposabban megvizsgáljuk a kérdést, rá kell jönnünk, hogy a kép korántsem ilyen biztató. Csillagvárosunkban a csillagok nagyon különböznek. Vannak forró óriások és halványan pislákoló vörös törpék. Látni fogjuk, hogy a sokféle csillagnak csak egy kis töredéke rendelkezik olyan paraméterekkel, amelyek kedvezőek az élet szempontjából.

A Tejútrendszert alkotó csillagok egy része a galaxisok kialakulásának korai szakaszából maradt vissza. Így, a legöregebb csillagai kb. 12-13 milliárd évesek. Az ilyen csillagok csak hidrogénből és héliumból állnak, nagyon kevés nehéz elemet tartalmaznak. A csillagászok szóhasználatában minden kémiai elemet a hidrogéne és a héliumon kívül „fémek”-nek neveznek. Az ilyen fémszegény, öreg csillagokat II. populációs csillagoknak nevezik.

De nem ezek a csillagok születtek meg először. A Nagy Bumm utáni 500 millió éven belül keletkezett első csillagok hatalmas, a Napunknál 100-200-szor nagyobb tömegű „csillagszörnyek” voltak, amelyek rendkívül gyorsan elégették hidrogénkészletüket és gigantikus robbanással fejezték be életüket. Tömegük legnagyobb része fekete lyukká omlott össze. Szétszóródó anyaguk már valamivel több nehéz elemet tartalmaztak, a fekete lyukak összeolvadva pedig a születendő galaxisok magját képezték. Tejútrendszerünk közepében is egy kb. 4 milliós naptömegű fekete lyuk rejtőzik.

A Tejútrendszer és a hozzá hasonló galaxisok a nagy Bumm utáni 3-4 milliárd évben keletkeztek úgy, hogy a nagytömegű fekete lyukak gravitációja csillagok és gáztömegek sokaságát gyűjtötte maga köré. Tejútrendszerünk a környezetében lévő kisebb galaxisokat is bekebelezte, vagyis jelenlegi mérete egyfajta kozmikus kannibalizmus eredménye. Galaxisunk kora nagyjából 10 milliárd év.

Idővel egyre nőtt a fémekben gazdag csillagok száma. Egy átlagos csillag magjában a hidrogén héliummá egyesül „ég el” miközben hélium keletkezik. A Nap szívében másodpercenként 700 millió tonna hidrogén alakul át 695 millió tonna héliummá. A tömegkülönbség energiává alakulása biztosítja a Nap fényét és melegét. A csillagok magjában a hidrogén fogytával a hélium is égni kezd széné és oxigénné. A folyamat folytatódik, egészen a vas felépüléséig. Amennyiben egy csillag tömege legalább másfélszerese a Napénak, a folyamat vége az lesz, hogy a csillag felrobban, szupernóva lesz. A robbanás pillanatában a csillag belsejében olyan lökéshullám keletkezik, amelynek nyomása elegendő ahhoz, hogy az összes ismert kémiai elem felépüljön, a vasnál nehezebbek is. A robbanás természetesen ezt a nehéz elemekkel szennyezett

gázanyagot szétszórja a környező térbe. A fiatalabb csillagok már az ilyen csillaközi gázfelhők összezsugorodásából születnek, fémtartalmuk ezért nagyobb. Ezek az I. populációs csillagok.



The diagram illustrates the structure of the Milky Way galaxy. The top view shows the spiral arms (Outer, Perseus, Sagittarius, Scutum-Centaurus, Norma, and Outer) and the central region. The side view shows the galactic disk and the central bulge. Numbered callouts 1-11 point to specific features described in the adjacent list.

1. A Tejútrendszer centruma: fekete lyuk. Tömege: 4 millió naptömeg.
2. Galaktikus „rúd”. 28 ezer fényév hosszú. Benne a csillagok pályája elnyúlt ellipszis.
3. Központi csillagkeletkezési zóna. Sűrű, örvénylő gázfelhő, átmérője 23 ezer fényév.
4. Spirál kar. Sűrűség hullám, amelyben fiatal csillagok születnek.
5. Gáz áramlás.
6. Spirális gázáram, amelyből a galaxis-kar formálódik ki.
7. Központi dudor.
8. Galaktikus korong. A legtöbb csillag zónája. Vastagsága (8a) 1500 fényév. A (8b) korong 7000 fényév vastagságú, neutrális hidrogén. A pereme kissé hajlott.
9. A korong stabilitási (ko-rotációs) zónája.
10. Nagy sebességű gáz- és csillagfelhők.
11. Gömbhalmazok, amelyek a halo-t alkotják.

A II. populációs fémszegény öreg csillagok inkább a galaxis központi dudorban, illetve a Tejútrendszer övező, úgynevezett halo-ban található, míg az I. populációsak inkább a galaxis korongját alkotják.

Struktúráját tekintve a korong is két részből áll. Egyrészt adott egy vastag korong, amely 100 ezer fényév átmérőjű és kb. 7000 fényév vastagságú. Ezt öregebb és fémeiben szegényebb csillagok alkotják. Ezen belül egy sokkal vékonyabb, mintegy 1500 fényév vastagságú korongot találunk, amelyet fiatal, fémeiben gazdag csillagok, por- és gázködők alkotnak. Ha az élet és az élet fejlődése szempontjából vizsgáljuk a kérdést, csak az ebben a vékony tartományban lévő csillagok jöhetnek számításba.

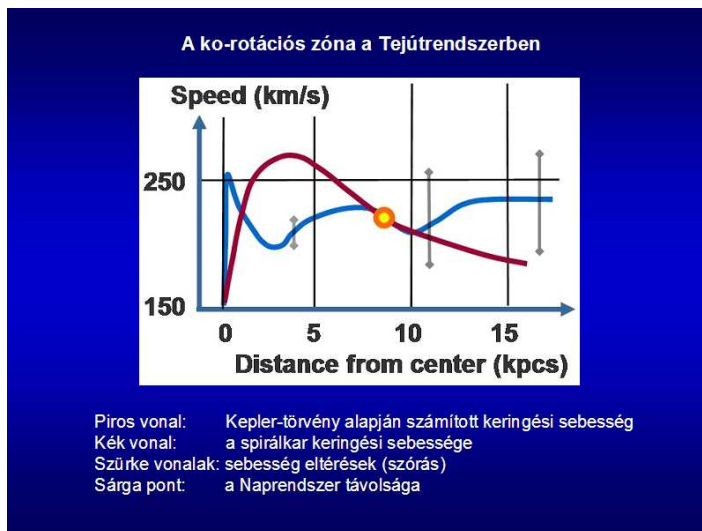
A józan ész azt diktálja, hogy a több nehéz elemet tartalmazó csillagok körül nagyobb valószínűséggel lehetnek olyan bolygók, amelyek földszerűek, vagyis sokféle kémiai elemből állnak, nagy sűrűségűek. Ezt alátámasztani látszik az a tény, hogy eddig valóban nagyon kevés olyan exobolygót találtak, amelynek csillaga a kisebb fémtartalommal bírt, mint a Nap fémtartalmának a 40%-a. Ám, a túl magas fémtartalom sem kedvező. Nem tudni miért, de a nagyon magas fémtartalmú csillagok körül úgynevezett „forró jupiterek”, azaz olyan óriásbolygókat találtak, amelyek a csillagukhoz rendkívül közel és nagyon gyorsan keringenek. Az ilyen bolygórendszerek égimechanikailag instabilak, ha vannak is a rendszerben földszerű bolygók, azokon extrém viszonyok uralkodhatnak.

Helyünk a Tejútrendszerben

A Tejútrendszernek is van „lakható” zónája, vagyis az övezet, amelyen belül található csillagok megfelelőnek tekinthetők, valamint eléggé távol vannak a galaxis magjától ahhoz, hogy a mag aktivitásából eredő ionizációs sugárzások (röntgen, gamma) intenzitása alacsony legyen. Ettől a zónától beljebb a csillagsűrűség nagyobb, távolabb pedig kisebb. Továbbá ebben a zónában található csillagok rendelkeznek megfelelő fémtartalommal.

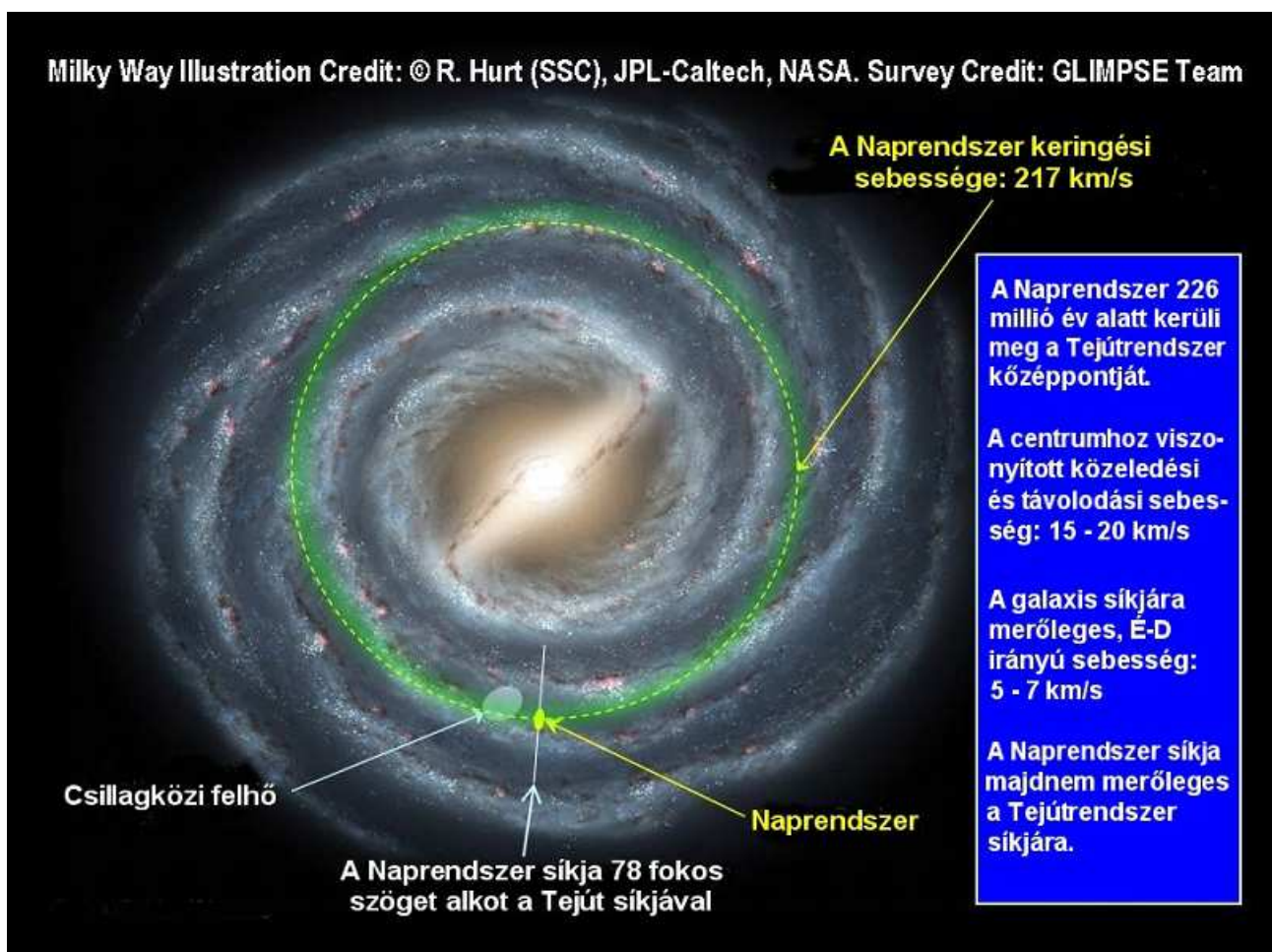
Galaxisunk spirál galaxis. Ez nem azt jelenti, hogy a csillagok spirálkarokba tömörülnek. Eloszlásuk a korongon belül egyenletesnek tekinthető. A spirálkarokat a fiatal, forró, éppen ezért az átlagosnál fényesebb csillagok rajzolják ki. A magból kiinduló gravitációs lökéshullám a csillagközi gázfelhőket összenyomja,

elősegítve ezzel csillagok képződését. Az ilyen „forró” helyek, ahol gyakran születnek, majd robbannak fel csillagok, nem kedveznek egy esetleg megszületett életforma zavartalan, hosszú idejű fejlődésének. A karokat létrehozó sűrűség hullám forgási sebessége eltér a csillagok keringési sebességétől, ami durva megközelítéssel a Kepler törvényeknek megfelelő, azaz a keringési idő négyzete arányos a centrumtól számított távolság köbével.



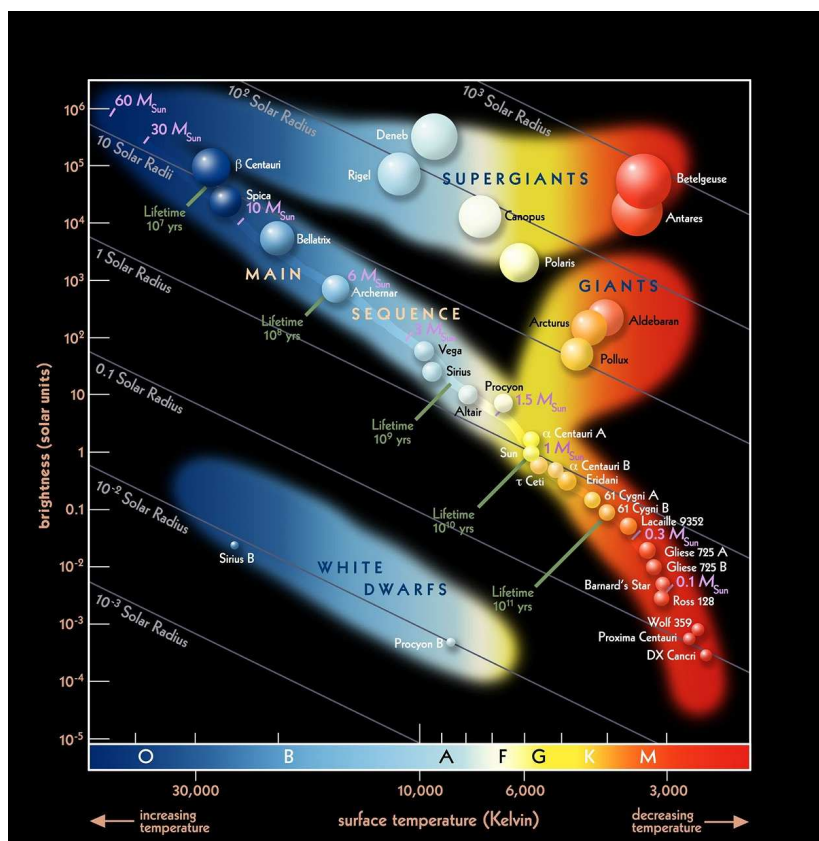
A galaxis centrumától számított 7-10 kpc távolságban azonban a két sebesség közel azonos. (1 kpc = kiloparsec megfelel 3260 fényévnek). Ezt másképpen ko-rotációs zónának is nevezik. Az ebben a zónában keringő csillagok csak nagyon ritkán és nagyon lassan haladnak át egy-egy spirálkaron. Napunk a körülötte keringő égitestekkel (bolygók, holdak, kisbolygók, üstökösök, stb.) együtt a Tejútrendszer Sagittarius-karjának külső szélén van.

A Tejútrendszer életrétegében (az ábrán zöld sávval jelölve) a csillagoknak csak mintegy 10%-a található.



Mint már korábban is volt szó róla, az élet szempontjából az sem mindegy, hogy milyen csillagról van szó. A csillagok fizikai paraméterei (hőmérséklet, méret, sűrűség, tömeg, fényesség) nagyon tág határok között változnak. Megmérve a csillagok fényességét (ami egyben a méretükkel arányos) és színét (ami viszont a

felszíni hőmérsékletükre jellemző), egy diagramban ábrázolhatjuk őket. Ez a csillagászat egyik legfontosabb állapot diagramja, az úgynevezett HRD (Hertzsprung-Russel Diagram).



Napunk egy G színképosztályú csillag, a diagramon átlósan kirajzolódó „főág” közepe táján látható. A főágban olyan csillagok vannak, amelyek magjában első sorban a hidrogén-hélium fúzió biztosítja az energiát. A legnagyobbak a legforróbbak és legfényesebbek az O színképosztályú kék óriások, a lekeisebbek és leghűvösebbek a vörös törpék a jobb alsó sarokban. A fehér törpékben nincs energiatermelés. Magas hőmérsékletűek, de nagyon kis méretűek, a Napunkhoz hasonló tömegű csillagok fejlődésének végállapotai. Az vörös óriás- és szuperóriás csillagok energiatermelésében más magfúziós folyamatok is szerepet játszanak.

A különböző színképosztályú csillagoknak az élettartama nagyjából a következők között változik (megszületésüktől a végállapotukig tartó idő).

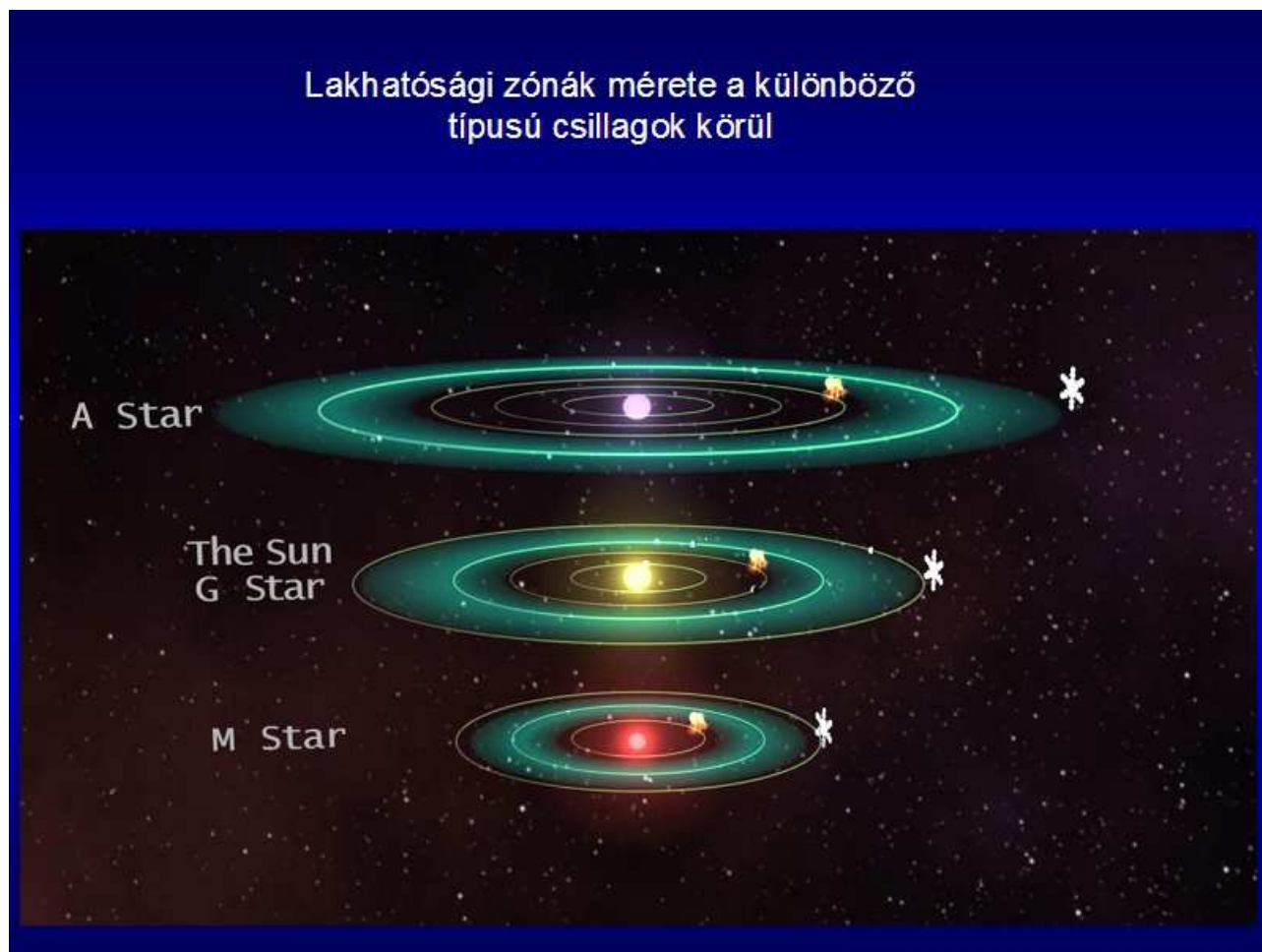
Különböző tömegű csillagok élettartama

$$\text{Élettartam} = \frac{\text{a csillag hidrogén készlete}}{\text{az energiatermelés sebessége}}$$

Csillag tömege (Nap=1)	élettartama (év)	színképosztálya
60	3 millió	O3
30	11 millió	O7
10	32 millió	B4
3	370 millió	A5
1,5	3 milliárd	F5
1	10 milliárd	G2 (Nap)
0,1	1000 milliárd	M7

Sajnálattal kell megállapítanunk, hogy az élet fejlődése szempontjából csak a fősorozathoz tartozó, G színképosztályú csillagok jöhetnek számításba (az A5, F5, G2, stb. szám-kiegészítések alosztályokat jelentenek). A Napnál nagyobb tömegű O, B, A és F osztályú csillagok túlságosan rövid életűek. Gyorsan elfogyasztják hidrogén készletüket és sorsuk egy szupernóva robbanás lesz, ami után fekete lyuk, fehér törpe, vagy neutron csillag marad.

A vörös törpék ugyan sok-sok milliárd évig elpislákolnak, de más okból nem jöhetnek számításba. Először is nagyon szűk, nagyon keskeny a lakhatósági zónájuk, másrészt nagyon nagy aktivitást mutatnak: gyakoriak felszínükön az erős napkitörések, a flarek. Másrészt kevés nehéz elemet tartalmaznak, aligha keringhet körülöttük földszerű bolygó.

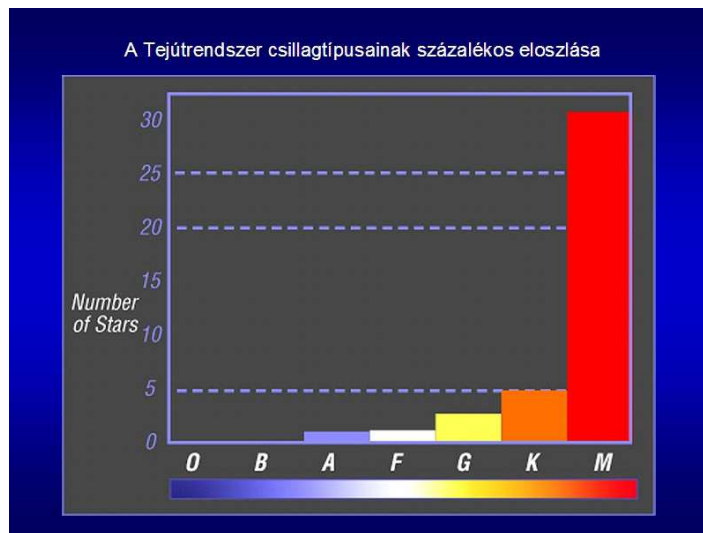


Ezen a képen a különböző spektráltípushoz tartozó csillagok lakhatósági zónái és a bolygópályák vannak feltüntetve. A forró A típusú csillagok lakhatósági zónája (zöld sáv) messze van a csillagtól, valószínű, hogy több bolygópálya ezen belülre, a forró zónába kerül. Ráadásul, a lakhatósági zóna távolsága folyamatosan változik (egyre kijebb tolódik) ahogy a csillag öregszik.

A G típusú csillagok – ilyen a Napunk is – lakhatósági zónája a legstabilabb és elég széles ahhoz, hogy több bolygópálya is beférjen (pl. Vénusz, Föld, Mars).

Az M típusú vörös törpe csillagok kevés meleget árasztanak (hőmérsékletük kb. 3000 fok), ezért a lakhatósági zónájuk nagyon kicsi és keskeny. A zónában keringő bolygó az árapály súrlódás miatt kötött tengelyforgásúvá válik. Ilyen esetben a csillag felé néző oldala rendkívüli mértékben felforrósodik, az átellenes oldala pedig dermesztően hideg marad. Ennek az a következménye, hogy légkörét (amennyiben van légköre) alkotó gázok megszöknek, illetve a légköri áramlások a sötét, hideg oldalra szállítják, ahol ráfagy a bolygó felszínére. Nem szerencsés környezet az élőlények szempontjából.

Ezek után vegyük vizsgálat alá, hogy a Tejútrendszer alkotó csillagoknak hány százaléka az olyan hosszú élettartamú, nyugodt sugárzású csillag, amelyek körül keringő bolygókon biztosítva látszik az élet zavartalan fejlődése, akár évmilliárdokon keresztül.



Ebből a szempontból csak a G színképosztályú csillagok jöhetnek számításba, amelyek – mint a fenti ábrán látszik – mindössze 3-3,5%-át teszik ki a galaxisunk összes csillagának.

A Drake-egyenlet

Az 1960-as évek elején Frank Drake amerikai csillagász egy egyenletet alkotott, amellyel tényszerű adatokra és valószínűségi értékekre alapozva próbálta megbecsülni a Tejútrendszerben lévő, velünk kommunikálni képes intelligenciák számát.



A Drake-egyenlet egyik egyszerűsített változata az alábbi: $N = N^* \times f_s \times f_p \times n_e \times f_l \times f_c \times L$

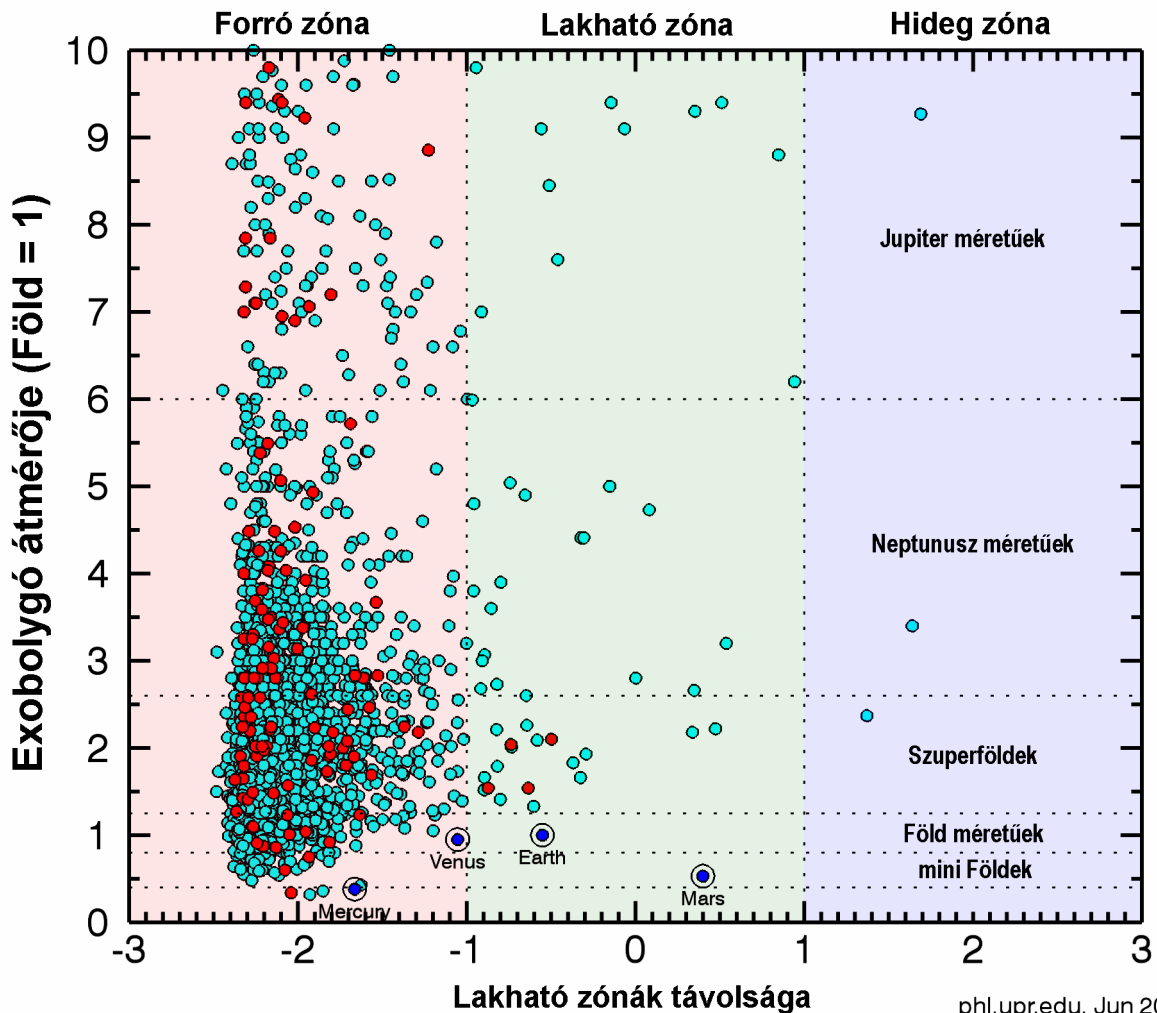
Ahol N^* a Tejútrendszer csillagainak száma, f_s valószínűségi szorzó mutatja, hogy a csillagok hányad része hasonló a Naphoz. f_p a bolygórendszerrel rendelkező csillagok valószínűsége, n_e pedig, hogy ezek közül hány földszerű. Az egyenlet eddigi tagjait megfigyelésekkel meg lehet határozni, a továbbiakban azonban csak fantáziánkra kell hagyatkoznunk. Fogalmunk sincs arról, hogy milyen valószínűséggel jön létre az élet (f_l), mekkora a valószínűsége annak, hogy civilizáció szülessen (f_c), és a civilizáció mennyi ideig marad aktív (L).

Sokak szerint a Drake-egyenlet semmi másra nem jó, minthogy csapongó fantáziánkat valamiféle kordába tartsa. Ugyanis annyi bizonytalan tényező szerepel benne, hogy semmi hasznos eredményt nem lehet kihozni belőle. Amennyiben optimisták vagyunk és az összes valószínűség tényezőnek kedvező értéket adunk, akkor N értéke lehet akár többször tíz milliárd is, pesszimista számítás esetében azonban nulla. Mindössze azzal vigasztalódhatunk, hogy mi itt vagyunk.

Harminc évvel ezelőtt a csillagászok még csak találgatták, hogy lehetnek-e más csillagok körül keringő bolygók, és ha igen, akkor az mennyire tekinthető általánosnak. Ugyanis akkoriban nem álltak rendelkezésre olyan technikai berendezések, amelyekkel ezt ki lehetett volna mutatni. Az utóbbi években mind a földi

megfigyelési technikák és módszerek nagy fejlődésen mentek keresztül, mind a mesterséges holdakra telepített műszerek lehetővé tették, hogy egyre több exobolygót és idegen bolygórendszert fedezzünk föl. Különösen szép eredményeket ért el ezen a téren a Kepler űrteleszkóp, amely már több mint 3000 exobolygót talált és még folytatja a kutatást.

Azonban, ha a talált exobolygók fizikai paramétereit, valamint a központi csillaguktól mért távolságukat alaposabban megvizsgáljuk, akkor korántsem lehetünk optimisták ezen égitestek lakhatósága szempontjából.



phl.upr.edu, Jun 2013

A diagramból kitűnik, hogy a megfelelő hőmérsékletű lakhatási zónában Föld méretű exobolygó nem is fordul elő (a bekarikázott kék pontok a Naprendszerünk bolygói). Többségük a „szuperföld”, azaz a Föld méretének 2-3-szorosa, de bőven akad Neptunusz vagy Jupiter méretű. Továbbá látható, hogy szinte valamennyi a csillagához nagyon közel, a „forró zónában” kering.

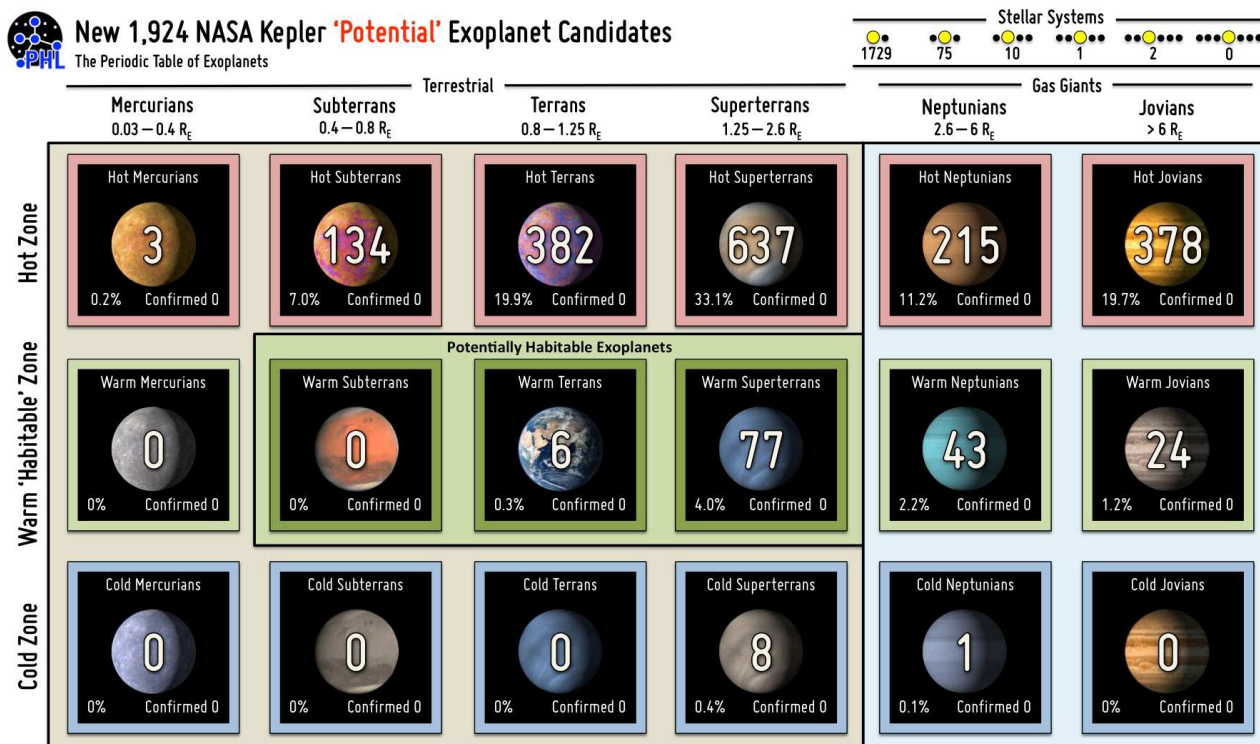
Nem tudjuk, hogy hol és milyen körülmények között keletkezett az élet. Nem zárható ki, hogy a földtől lényegesen letérő viszonyok mellett is létre jöhetett, illetve fennmaradhatott. Ám, ha velünk kommunikálni képes technikai civilizációkat keresünk, akkor csak a földméretű bolygók jöhetnek számításba. És azok közül sem mindegyik. Hogy ezt miért lehet ilyen határozottan kijelenteni, azt a későbbiekben fogom bizonyítani.

Sajnos az exobolygók között nagyon sok az úgynevezett „forró neptunusz”, illetve a „forró jupiter”. Ezek óriásbolygók, hasonlóak a Neptunushoz és Jupiterhez, de nagyon közel keringenek a csillagukhoz. Olyannyira, hogy keringési periódusuk jellemzően néhány nap. Mit jelent ez? Azt, hogy egészen biztosan kötött a tengelyforgásuk, vagyis mindig ugyanazzal az oldalukkal fordulnak a napjuk felé. Azon az oldalon akár több ezer fokra is felmelegedhetnek, míg a sötét oldalukon rendkívül hideg uralkodik. Sok esetben azt figyelték meg, hogy ezek a bolygószörnyek nagy inklinációjú, vagy éppen ellenkező irányú (retrográd) pályán keringenek.

Különleges Naprendszerünk

Közel ezer idegen bolygórendszert fedeztek fel idáig. Felépítését tekintve eddig egyetlen egy sem hasonlít a mi Naprendszerünkre. Hogy miért, egyelőre nem tudjuk. Azonban annyit tudunk, hogy ha egy bolygórendszerben van, vagy vannak „forró jupiterek”, azok a rendszerek instabilak. Ha egy ilyen

bolygórendszerben lenne is földszerű bolygó, annak pályája nagy excentricitású, állandóan változó lenne, talán egy idő múlva meg is szökhetne csillagától. A kilátások egyáltalán nem biztatók!



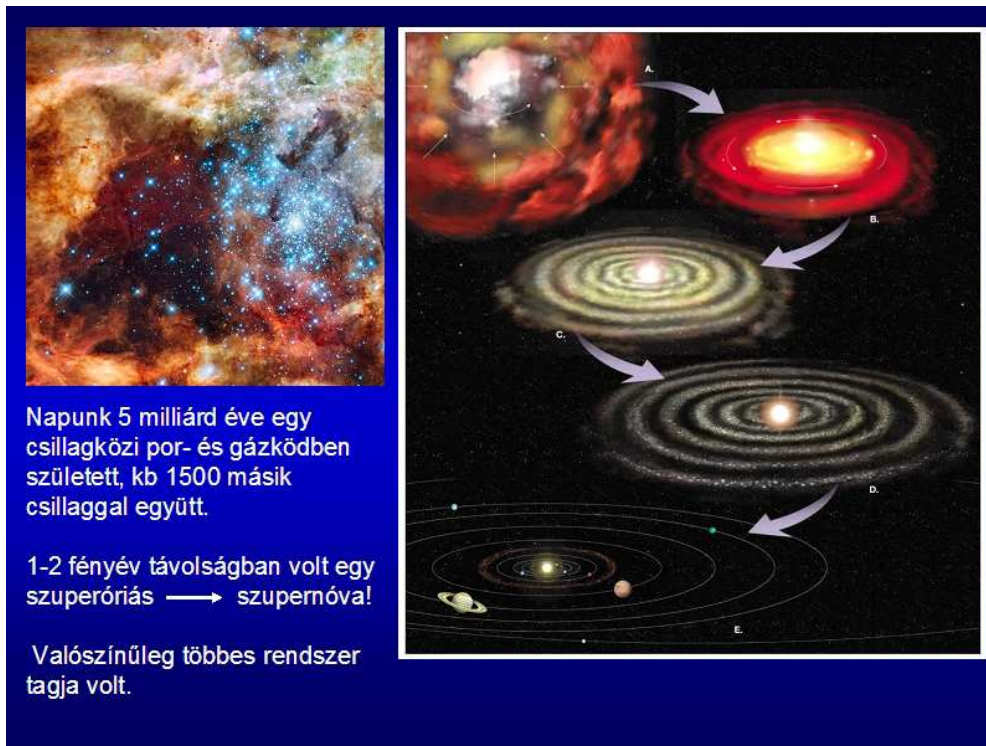
Ez a tábló a Kepler űrtávcsővel felfedezett 1924 exobolygót mutatja be. Érdeemes felhívni a figyelmet arra, hogy mindössze 6 db „Warm Terrans”, azaz meleg, földszerű bolygó van ezek között, ami az összes bolygónak mindössze a 0,3%-a. A tábló jobb felső sarkában látható, hogy 6 bolygót tartalmazó exoplanrendszer még nem találtak, 5-ös rendszerből kettő, 4-es rendszerből egy, hármas rendszerből tíz, stb. van.

A mi Naprendszerünkben a bolygók mind egy irányban és csaknem egy síkban keringenek. A Nappal együtt, egyetlen gáz- és porfelhőből keletkeztek mintegy 5 milliárd évvel ezelőtt. A Naphoz közel kering a négy nagy sűrűségű, de kis méretű kőzetbolygó, távolabb pedig a négy kis sűrűségű, hatalmas méretű gázbolygó. A Mars és a Jupiter pályája között, valamint a Neptunuszon túl található a kisbolygók, vagy aszteroidák. Anélkül, hogy részletekbe menően tárgyalnám a Naprendszer kialakulását, a leglényegesebb dolgokra fel szeretném hívni a figyelmet. Megjegyzem, többféle bolygókeletkezési modell létezik és korábban azt hittük, hogy ha majd több más bolygórendszert találunk, azok tanulmányozásából, az általánosságok és hasonlóságok összevetéséből a mi bolygórendszerünk keletkezéséről is biztosabban tudunk majd mondani. Nos, a helyzet az, hogy a mi Naprendszerünk annyira egyedi, hogy semmivel sem jutottunk előbbre a kérdésben. Annyi azonban biztosnak látszik, hogy a Jupiternek és a Szaturnusznak – amelyek elsőként kristályosodtak ki a Napot körülvevő protoplanetáris felhőből – meghatározó szerep jutott.

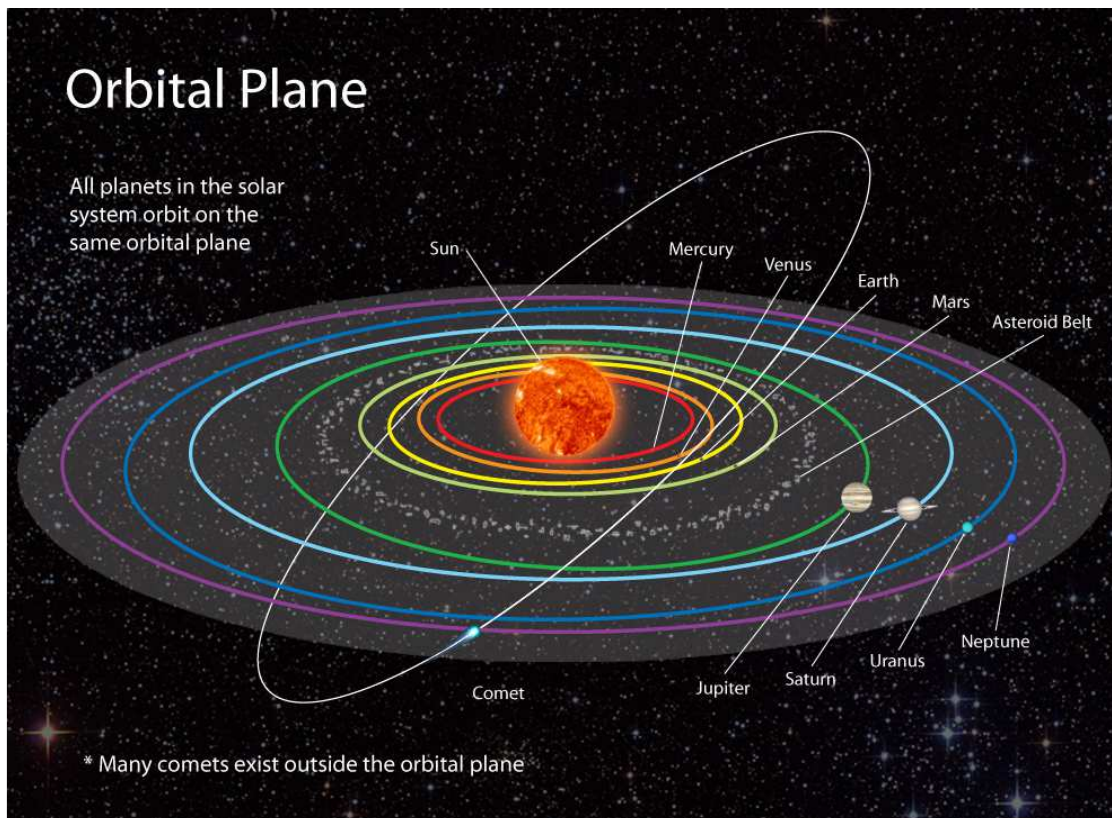
A modellszámítások arra engednek következtetni, hogy mind a négy óriásbolygó a Szaturnusz jelenlegi pályáján belül, de a Jupiterén kívül keletkezett. Később a legnagyobbba hízott Jupiter lassan a Nap felé közeledett, míg a Szaturnusz, Uránusz és a Neptunusz fokozatosan távolabb került a Naptól. Néhány száz millió év elteltével kialakultak a bolygók rezonáns pályái, amelyek biztosítják mind a mai napig a bolygórendszerünk stabilitását. Valójában egy viszonylag gyors és nagy átrendeződés ment végbe, amely gravitációsan megzavarta a bolygórendszer peremén keringő kozmikus törmelékfelhőt (üstökösanyagokat, aszteroidákat) és a bolygóképződésből kimaradt planetézimálokat. Ebben az időszakban a már kialakult bolygókat rengeteg becsapódás érte. A szimulációk azt is megmutatták, hogy nagyon ritkák a mienkhez hasonló rendszerek. A bolygórendszerek döntő többsége alapvetően különbözik a mienktől.

A Naprendszer centrumában van életadó csillagunk, a Nap. Mint korábban láthattuk, egyáltalán nem közönséges csillag. Hosszú élettartamú, nyugodt fényű égitest. Valamennyi csillag változó. Szekulárisan vagy periodikusan változtatják energia kibocsátásukat. Természetesen a Nap is változócsillag, de ez a változás nagyon kis mértékű, annyira, hogy a körülötte keringő bolygók hőmérsékletét különösebben nem befolyásolja. Jelentős mágneses erőtere, valamint a napkoronából folyamatosan áramló napszél

eredményeképpen egy hatalmas helioszféra burkolja a bolygórendszert, leárnyékolva a csillagközi térből érkező részecskéket és sugárzásokat.
 Nem utolsó sorban, a Nap egy magányos csillag (a csillagok többsége kettős, vagy többes rendszert alkot). Csak magányos, egyedül álló csillag körül lehetnek kis excentricitású, stabil bolygópályák, ami az élet szempontjából rendkívül fontos.



A Naprendszer születése



Naprendszerünk sematikus rajza

Nem tudjuk egészen pontosan, hogy mi módon, de egészen biztos, hogy a Hold kialakulása fontos szerepet játszott abban a folyamatban, amelyben az élet megszületett (megjelent) a Földön. A körülöttünk keringő égitest az élet fejlődésére is nagy hatással lehetett.

A Hold jelentősége



1. A Hold keletkezése – ösléggör kialakulása
2. Forgástengely dőlése - évszakok
3. Forgási sebesség csökkenése
4. Forgástengely stabilitása - precesszió
5. Tengerjárás – hatása az élővilágra
6. Földmágnesség - magnetoszféra
7. Csillagászat - tudománytörténet
8. Űrhajózás célpontja
9. Időszámítás - kultúra

Földünkhöz hasonló bolygókat kell keresnünk!

Miért fontos annyira ez? Természetesen más adottságokkal rendelkező bolygókon is lehet élet. Hogy ennek mi a valószínűsége, persze más kérdés. Azonban technikai civilizáció létrejöttéhez különleges és ritka feltételek szükségesek.

Először is fontos dolog a bolygó tömege. Ha túlságosan kicsi, akkor légkörét nem, vagy csak részben tudja megtartani, következésképpen elégtelenül ritka az atmoszférája. A ritka atmoszféra többek között szélsőséges felszíni hőmérséklet változásokkal jár. Továbbá megkérdőjelezi a folyékony víz felszíni előfordulását. Ha nagyobb a tömege, a felszíni gravitációs gyorsulás értéke is nagy, ami gátolja az élő szervezetek evolúcióját és aligha vezet el egy intelligens faj kibontakozásához.

A tömeg és a sűrűség együttesen meghatározója, de nem egyetlen feltétele a bolygó belső hőjének. A belső hő kisebb része az úgynevezett reziduális hő, amely a bolygó összeállásakor, a gravitációs energiából származik, nagyobbik része pedig a bolygóban lévő radioaktív elemek bomláshőjéből (főleg a ^{40}K) származik. Vagyis egyáltalán nem mindegy a kérdéses bolygó kémiai összetétele sem. De miért is fontos mindez?

Azért, mert a bolygónak geológiailag aktívnak kell lennie. A Földünkön működő lemeztektonika elengedhetetlen feltétele volt a technikai fejlődésünkhöz. A lemeztektonikai folyamatok során dúsulnak fel ugyanis a kéregben a fémek (ércek) és más szükséges ásványok. (A folyamat részleteinek leírásával itt nem foglalkozom.) A fémfeldolgozáshoz nélkülözhetetlen energiát (kezdetben mindenképpen) pedig a fosszilis tüzelőanyagok biztosították, amik felhalmozódását szintén lemeztektonikai folyamatok segítették elő.

Tehát kell egy nagyjából földméretű, föld sűrűségű és összetételű bolygó, aminek szilárd kérgé, olvadt belseje és számottevő légköre van. Szükséges még megfelelő mennyiségű víz. Ez a lemeztektonika „motorja”. Az óceáni lemezt a víztömeg hűti, ezért a köpenyben a konvekció az óceánok alatt a felszín felé mozgatja az olvadékat (hőáramlás). Az óceáni hátságok mentén gyarapszik a kéreg, majd ez a kéreg (óceáni lemez) betolódik a kontinentális kéreg alá (szubdukció) vulkáni aktivitást okozva. Az alábukó óceáni lemez sok vizet és tengeri üledéket visz magával az asztenoszférába, amelyek a vulkanizmus révén ismét a

felszínre kerülnek. A folyamat persze ennél sokkal összetettebb, pl. fontos szerepe van a légközésnek, a szén-dioxid körforgalomnak, stb. A fémércek feldúsulása a felszínhez közeli kőzetrétegekben szinte kivétel nélkül a vulkanizmusnak köszönhető.

A bolygó felszínét borító víznek a mennyisége is csak bizonyos korlátok között megfelelő. Ha túlságosan sok a víz, nincsenek szárazföldek, ha túlságosan kevés, akkor nincs lemeztektonika.

A fentiekből érzékelhető, hogy nagyon sok feltételnek kell megfelelnie egy bolygónak ahhoz, hogy egyáltalán alapjául szolgálhasson egy technikai civilizáció létrejöttének.



Az eddigiekben csillagászati vonatkozásokkal foglalkoztunk. Most térjünk rá az élet kérdésére!

Az élet

Arra kérdésre, hogy mi az élet, sokféle válasz született, de eddig senki sem tudta pontosan megfogalmazni. Egyszerűen képtelenek vagyunk definiálni. Egyelőre csak egyetlen életformát ismerünk, ebből természetesen nem lehet általánosítani. Minden esetre sokkal több, mint valamiféle kémiai „kotyvalék”, mint sokan szeretnék hinni.

Az élet kb. 3,5-3,8 milliárd évvel ezelőtt jelent meg a Földön. Ezt az ősi kéregdarabok közeiben talált fossziliák bizonyítják. Azonban arról fogalmunk sincs, hogy itt keletkezett-e, vagy kozmikus testek becsapódásaival került bolygónkra. Amennyiben itt keletkezett, ahhoz olyan kémiai folyamatoknak kellett végbemenniük, amelyek előfordulási valószínűsége hihetetlenül alacsony. Ha így volt, akkor ez megkérdőjelezi az élet elterjedtségét az Univerzumban. Ha máshonnan (aszteroidákon utazva) került a Földre, akkor nagyobb a valószínűsége az életnek más égitesteken, de a nagy kérdésre, hogy miként keletkezett, nem kapunk választ.

Amennyiben elfogadjuk, hogy a Földön keletkezett, akkor fel kell tennünk a kérdést, hogy hol és milyen környezeti feltételek mellett? Óceánok mélyén, tavakban, kőzethasadékokban, vulkánok oldalán? Semmi biztosat nem állíthatunk. Sokáig tartotta magát az a nézet, hogy létezett egykor valamiféle „ősleves”, egy óceán, amelyben kellő mértékben feldúsultak a szerves molekulák ahhoz, hogy „véletlenül” egyszerűen csak egy primitív, élőnek tekinthető lény szülessen meg benne. Mi ennek a valószínűsége?

Vegyünk egy nagyon kicsinek számító, 500 aminosavból álló élő struktúrát (ennél még a vírusok is többet tartalmaznak). Annak az esélye, hogy ez spontán, véletlenszerűen létrejöjjön $1:10^{950}$! (az előadásomban a részleteket is elmondtam, itt most nem ismertetném).

Földünk vízkészlete: $1\,384\,000\,000\text{ km}^3 = 1,38 \times 10^{24}\text{ cm}^3$ Ha a vízmennyiség minden köbcentiméterében, minden másodpercben 10 db molekula próbálkozik kombinálódni, akkor másodpercenként $1,38 \times 10^{25}$ kombináció jöhet létre az „őslevesben”. (Egyébként a geológiában semmiféle bizonyítékát nem találjuk annak, hogy szénhidrogénekben ilyen gazdag ősseves létezett volna.)

A 10^{950} kombináció megvalósításához szükséges idő: $7,2 \times 10^{924}$ másodperc. Egy évben van $3,156 \times 10^6$ másodperc. Tehát, a szükséges idő: $2,28 \times 10^{918}$ év!

Ez az időtartam az Univerzum korát (13,7 milliárd év) akkor is több milliárdszorosan meghaladja, ha nem csak a Földre vonatkoztatjuk, hanem a Világegyetemben található összes bolygót figyelembe vesszük!

Annyira kicsi a valószínűsége, hogy akár csodának is nevezhetjük!

Vannak persze, akik azt állítják, hogy az élet keletkezésének folyamata ennél sokkal egyszerűbben megy végbe. Kezdetben kis kémiai egységek keletkeznek, amelyek talán reprodukálják magukat, egyre nagyobbakká és nagyobbakká válnak, tán sejtfalra is szert tesznek, hogy izolálják magukat a környezetüktől.

Nos, ha ennyire egyszerű lenne a dolog, felmerül a kérdés, hogy az elmúlt milliárd évek alatt miért nem ismétlődött meg? Ismereteink szerint a mai élővilág egésze egyetlen ősi élő szervezetre vezethető vissza. Nagy kérdés, hogy léteznek-e „árnyék” életformák, amelyek bizonyítanak az élet többszöri megjelenését. Létük nem kizárt, de ilyet eddig még nem találtak.

Miért csak a szén?

Az élet alapja a szén. Minden élőlény szervezete szén bázisú molekulákból áll. Az Univerzumban az élet elterjedtségét nagymértékben növelné, ha más kémiai életformákkal is tudnánk számolni. Nagyon gyakran emlegetik ezzel kapcsolatban a szilíciumot. A szilícium bázisú élőlények extrém körülmények között is élhetnének, anyagcseréjük ammónia és metán vegyületeken alapulna. Ezek azonban csak a fantasztikus regények lapjain élnek. Miért, mert a szén az egyetlen alkalmas elem!

Jelenleg 112 kémiai elemet ismerünk, ebből épül fel az Univerzum. (Lehetnének még transzurán elemek, de szempontunkból lényegtelen.) A 112 elemből 28 db radioaktív, ezeket ki kell zárunk, mert nem stabilak, alkalmatlanok. Nem számíthatunk a nemesgázokra sem, ezek nem közösködnek más elemekkel, nem alkotnak vegyületeket. Ezekből 8 db van. Az 58 db fémek közt elem szintén nem jöhet szóba. A fémek közt meglehetősen erős, gyakran igen nagy energia, többnyire magas hőmérséklet kell ahhoz, hogy eltávolítsuk egymástól a fématomokat. Ezeket is kizárhatjuk a szóba jöhető elemek sorából.

Marad tehát 18 úgynevezett kovalens kötéssel rendelkező elem, amelyek kapcsolódásainál kiegyensúlyozottan oszlik meg az elektron leadási és elektron felvételi készség. Ez kedvez a nagyobb élő struktúrák kialakulásának. Nézzük hát, melyek ezek!

18 VIII.A										
4.002602 2 2372.3 He Helium (HELIUM) 1s ²										
13 III.A	14 IV.A	15 V.A	16 VI.A	17 VII.A						
10.811 5 800.6 2.04 B Boron (BORON) 1s ² 2s ² 2p ¹	12.0107 6 1086.5 2.55 C Carbon (CARBON) 1s ² 2s ² 2p ²	14.0067 7 1402.3 3.04 N Nitrogen (NITROGEN) 1s ² 2s ² 2p ³	15.9994 8 1313.9 3.44 O Oxygen (OXYGEN) 1s ² 2s ² 2p ⁴	18.998403 9 1681.0 3.98 F Fluorine (FLUORINE) 1s ² 2s ² 2p ⁵	20.1797 10 2080.7 Ne Neon (NEON) 1s ² 2s ² 2p ⁶					
26.98153 13 577.5 1.61 Al Aluminium (ALUMINIUM) [Ne] 3s ² 3p ¹	28.0855 14 786.5 1.90 Si Silicon (SILICON) [Ne] 3s ² 3p ²	30.97696 15 1011.8 2.19 P Phosphorus (PHOSPHORUS) [Ne] 3s ² 3p ³	32.065 16 999.6 2.58 S Sulfur (SULFUR) [Ne] 3s ² 3p ⁴	35.453 17 1251.2 3.16 Cl Chlorine (CHLORINE) [Ne] 3s ² 3p ⁵	39.948 18 1520.6 Ar Argon (ARGON) [Ne] 3s ² 3p ⁶					
69.723 31 578.8 1.81 Ga Gallium (GALLIUM) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	72.64 32 762.0 2.01 Ge Germanium (GERMANIUM) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	74.92160 33 947.0 2.18 As Arsenic (ARSENIC) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	78.96 34 941.0 2.55 Se Selenium (SELENIUM) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	79.904 35 1139.9 2.96 Br Bromine (BROMINE) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	83.798 36 1350.8 3.00 Kr Krypton (KRYPTON) [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶					
114.818 49 588.3 1.78 In Indium (INDIUM) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	118.710 50 708.6 1.96 Sn Tin (TIN) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	121.760 51 834.0 2.05 Sb Antimony (ANTIMONY) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	127.60 52 869.3 2.10 Te Tellurium (TELLESIUM) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	126.9044 53 1008.4 2.66 I Iodine (IODINE) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	131.293 54 1170.4 2.60 Xe Xenon (XENON) [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶					
204.3833 81 589.4 1.62 Tl Thallium (THALLIUM) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	207.2 82 715.6 2.33 Pb Lead (LEAD) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	208.9804 83 703.0 2.02 Bi Bismuth (BISMUTH) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	(210) 84 812.1 2.00 Po Polonium (POLONIUM) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	(210) 85 890.0 2.20 At Astatine (ASTATINUM) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	(220) 86 1037.0 Rn Radon (RADON) [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶					
112 (284) 113 (289) 114 (288) 115 (292) 116 (294) 117 (294) 118										

1-es kötés	2-es kötés	3-as kötés	4-es kötés
Hidrogén	Oxigén	Bór (289 kJ/mol)	Szén (343 kJ/mol)
Fluor	Kén	Nitrogén (155 kJ/mol)	Szilícium (222 kJ/mol)
Klór	Szelén	Foszfor (213 kJ/mol)	Germánium (159 kJ/mol)
Bróm	Tellúr	Arzén (134 kJ/mol)	Ón (142 kJ/mol)
Jód		Antimon (125 kJ/mol)	

C – C 343 kJ
 C – H 356 kJ
 C – O 389 kJ

Si – Si 222 kJ
 Si – H 314 kJ
 Si – O 368 kJ

Az egyes kötés (vegyérték) és a kettes kötés kiesik a játékból, mert nem képesek nagyobb molekulák felépítésére.

A harmadik oszlop a bórral kezdődik. A bór a félfémek közé tartozik, kristályos módosulata a gyémánt után a legkeményebb monoelemes anyag. Elemi bór a természetben nem fordul elő, rendkívül erős kötéseket képez más elemekkel.

A nitrogén általában kétatomos formában található, amely olyan stabil kötésű, hogy még több ezer C fokon sem igen bomlik atomjaira. A nitrogén molekula nagy stabilitása arra vezethető vissza, hogy benne a két nitrogénatomot három kovalens elektronpár nagyenergiájú kötése tartja össze. A nitrogén elemi állapotban viszont rendkívül inaktív, a nemesgázok után a legközömbösebb elem.

A foszfort, az arzént és az antimont külön meg kell vizsgálnunk, ezek ugyanis létre tudnak hozni egyes kötésű láncokat. A foszfor egy vegyértékkel kapcsolódó láncban két vegyérték szabadon marad, ami nagyon előnyös lehet. Az arzénnek és az antimonnak viszont nagyon kicsi a kötési energiája, ezért az általuk alkotott láncok nagyon könnyen felbomlanak.

Az elemek utolsó csoportját a négyvegyértékű elemek alkotják. Közülük a szénatom a legkisebb tömegű. Két szénatom azonban sohasem kapcsolódik mind a négy vegyértékkel egymáshoz. Minden esetben marad legalább egy kovalens kötése, amellyel más atomhoz kötődhet. Még ha hármas kötés kapcsol is össze két szénatomot, mindkettőnek megmarad egy-egy vegyértéke szabadon. A szénlánc tehát nem csak lehetséges, de szinte elkerülhetetlen!

A szénatomok egyes kötésének kötési energiája 343 kJ/mol, a kettős kötése 773 kJ/mol, a hármas kötés pedig 837. Figyeljük meg, hogy két egyes kötés összes energiája 868, három egyes kötés pedig 1302 kJ/mol. A szénatomok tehát akkor tesznek szert a legnagyobb kötési energiára, amikor csak egyes kötésekkel kapcsolódnak össze. Ehhez képest a szén-hidrogén (356 kJ/mol) és a szén-oxigén (389 kJ/mol) kötési energia valamivel kevesebb. Tehát a szénlánc stabil marad, miközben más elemekkel szabadon tud társulni, illetve disszociálni.

A szén-szén egyes kötés energiája 343 kJ/mol, a szén-hidrogén kötése 356 kJ/mol, vagyis kb 4 százalékkal több. A szén-oxigén kötése 389, azaz 13 százalékkal magasabb. Van különbség, de nem nagy. Oxigén jelenlétében a szén valóban szén-oxigén kötésekkel alakít ki, azaz elég, de csak akkor, ha kellően felhevítik. Hidrogén jelenlétében valóban szén-hidrogén kötések keletkeznek, (pl. kőolaj), de nem valami könnyen. A szénből még hidrogén vagy oxigén feleslegben is kialakulhatnak hosszabb-rövidebb, egynes, vagy elágazó láncok, egyszerűbb vagy bonyolultabb gyűrűk.

A csoportban szereplő szilícium, germánium és az ón kötési energiái lényegesen kisebbek a szénénél.

Nézzük pl. az ominózus szilíciumot! Négy vegyértékű elem és kötési energiája is elég nagy, annak ellenére, hogy elmarad a szénétől. A szilícium-szilícium egyes kötési energiája 222 kJ/mol, a szilícium-oxigén kötése

viszont 368, azaz 60 százalékkal nagyobb. A szilícium-hidrogén kötése 314 kJ/mol, Nagy oxigén, vagy hidrogén feleslegben a szilícium atomok egyszerűen nem kapcsolódnak össze egymással, inkább oxigénhez vagy hidrogénhez kötődnek. A Földön, ahol az oxigén bőségesen jelen van, nem találunk szilícium-szilícium kötésekkel (nincs a természetben tiszta szilícium). Viszont bőségesen előfordul a kvarc, azaz a szilícium-dioxid.

Ha megmaradunk az ésszerűség határain belül, akkor tehát a szén az egyedüli elem, amely lehetővé teszi az élethez szükséges egyszerűbb és bonyolultabb molekulák kialakulását.

2 Atoms	3 Atoms	4 Atoms	5 Atoms	6 Atoms	≥ 8 Atoms
H ₂	C ₂ H	C ₂ H ₂	C ₄ H	C ₂ H ₄ ⁺	HCOOCH ₃
C ₂	CH ₂	1-C ₃ H	C ₃ H ₂	H ₂ CCCC	CH ₃ COOH
CH	HCN	c-C ₃ H	H ₂ CCC	CH ₃ OH	CH ₃ C ₃ N
CH ⁺	HNC	NH ₃	HCOOH	CH ₃ CN	C ₇ H ⁺ ←
CN	HCO	HNCO	CH ₂ CO	CH ₃ CN	CH ₃ C ₄ H
CO	HCO ⁺	HOCO ⁺	•HC ₃ N	CH ₃ SH	CH ₃ OCH ₃
CS	HOC ⁺	HCNH ⁺	CH ₂ CN	NH ₂ CHO	CH ₃ CH ₂ CN
OH	N ₂ H ⁺	HNCS	NH ₂ CN	HC ₃ HO	CH ₃ CH ₂ OH
NH	NH ₂	C ₃ N	CH ₂ NH	C ₃ H	•HC ₇ N
NO	H ₂ O	C ₃ O	CH ₄	HC ₃ NH ⁺	C ₈ H ⁺
NS	HCS ⁺	H ₂ CS	SiH ₄ ⁺		CH ₃ C ₆ CN ?
SiC ⁺	H ₂ S	C ₃ S	C ₄ Si ⁺	7 Atoms	CH ₃ COCH ₃
SiO	OCS	HCCN	C ₃ ⁺	C ₆ H	•HC ₉ N
SiS	N ₂ O	H ₃ O ⁺	HCCNC	•HC ₃ N	PAHs ^b
SiN ⁺	SO ₂	H ₂ CN	HNCCC	CH ₂ CHCN	•HC ₁₁ N
SO	SiC ₂ ⁺	H ₂ CO	H ₂ COH ⁺	CH ₃ C ₂ H	
HCl	C ₂ S			CH ₃ CHO	
ClP ⁺	C ₂ O			CH ₃ NH ₂	
SO ⁺	C ₃ ⁺				
NaCl ⁺	MgNC ⁺				
AlCl ⁺	MgCN ⁺				
KCl ⁺	NaNC ⁺				
AlF ⁺	HNO				
PN					
CO ⁺					

Nem véletlen, hogy a csillagközi por- és gázködökben is első sorban szén vegyületek találhatóak. Spektrosz-

kópiával és rádiócsillagászati megfigyelésekkel már több mint száz különféle vegyületet sikerült kimutatni.

Üstökösök anyagában és meteoritokban is találtak szerves molekulákat, ami biztató jel lehet az élet földönkívüli eredetére nézve.

Nevezetes például ilyen szempontból az Allende meteorit, vagy az 1969-ben hullott Murchison meteorit.

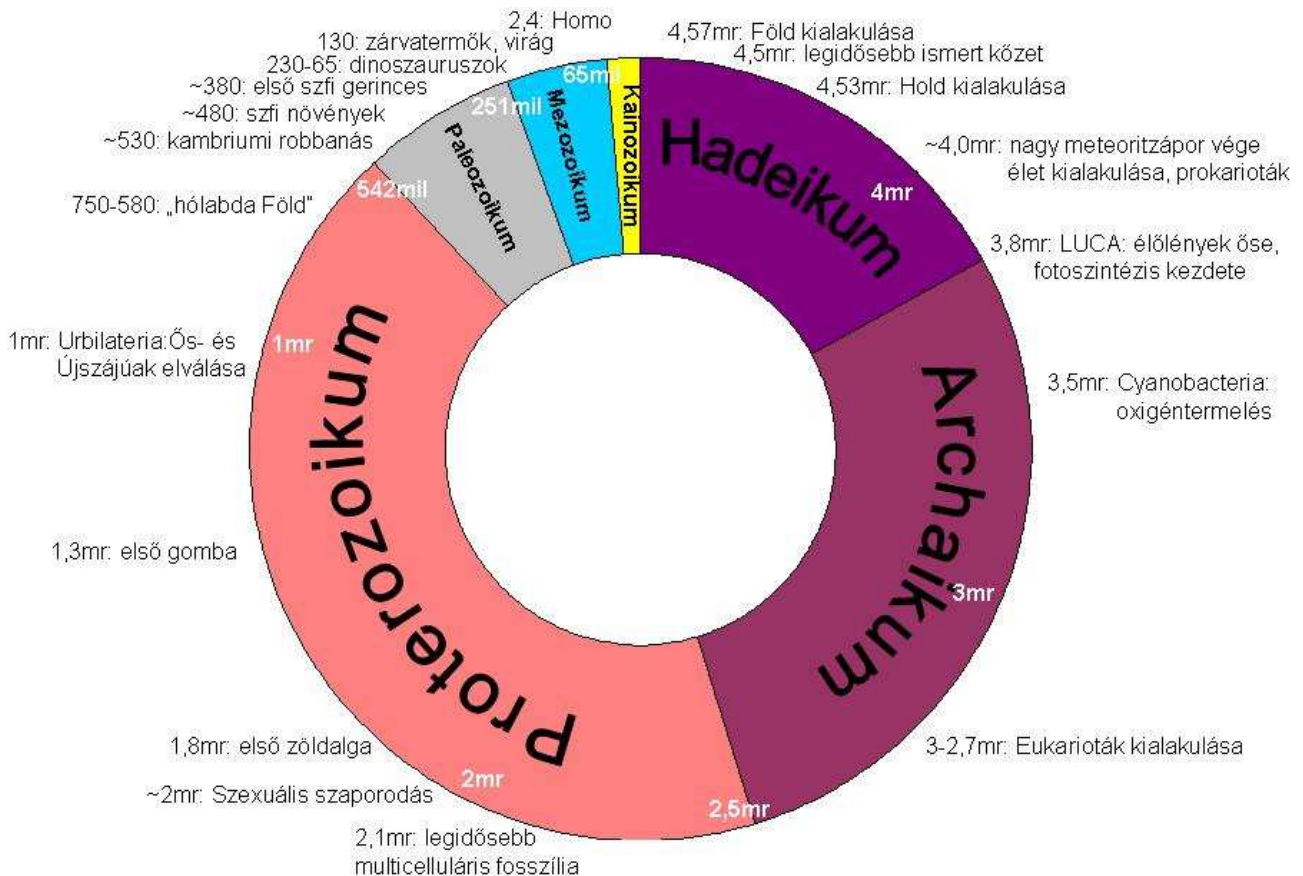
Evolúció a Földön

Mint már volt szó róla, az élet a Földön kb. 3,7 milliárd évvel ezelőtt jelent meg. Az élővilágot azonban nagyon hosszú ideig, 2,2 milliárd évig a legprimitívebb egysejtűek, a prokarióták jelentették. A prokarióták elősejtmagosok ill. sejtmag nélküli szervezetek. Kis, kocsonyás csomócskák, amelyekben már jelen voltak az élet szempontjából legfontosabb vegyületek (többek között a DNS és egyes fehérjék), de nem volt sejtmagjuk.

A valódi sejtmaggal rendelkező szervezetek, az eukarióták 1,4 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg. Valószínűleg úgy alakultak ki, hogy a szabadon élő prokarióták elkezdtek egyetlen sejtfalon belül egymással szimbiózisban élni. Természetesen a prokarióták nem tűntek el az élet porondjáról, sok fajtájuk ma is él.

Az élővilág igazi fejlődése akkor kezdődött, amikor az eukarióták sejtszövetekké álltak össze és megszülettek a többsejtes szervezetek. Ez a prekambrium végén következett be és a kambriumban már meglepő fajgazdagságban éltek a tengerekben élőlények. Ezt nevezzük kambriumi robbanásnak.

Az intelligens élet Tejútrendszerbeli elterjedése szempontjából a kambriumi robbanás kiábrándítóan későn következett be. Nagy rejtély, hogy miért kellett az evolúciónak ennyire sokat várnia a magasabb rendű szervezetek megjelenésére. Minden esetre a kambrium kezdetén valami szokatlan dolog történhetett.



Az egész földtörténet 1/8-ad részét kitevő utolsó szakaszban gyorsult fel annyira az evolúció, hogy a nagyon egyszerű lényeket magába foglaló ediakara-faunától eljutott az emberig.

A prekambriumi időkről meglehetősen keveset tudunk. Hogy milyen kozmikus veszélyek fenyegették az életet, arról csak sejtéseink lehetnek. Mindössze egy – de nagyon furcsa – dologról van tudomásunk, ez a prekambriumot lezáró, kb. 200 millió évig tartó globális eljegesedés. Tudomásunk szerint a Föld összes felszíni vize befagyott, a szárazföldeket vastag hó- és jégréteg borította. Ez volt a „hólabda Föld”. Egyesek szerint ennek lezárulása és a globális felmelegedés váltotta ki az evolúció ütemének felgyorsulását.

A kambriumot követő időszakról már sokkal megbízhatóbb információink vannak. A geológiai és paleontológiai kutatások több nagy kihalási hullámra derítettek fényt. Ennek ismeretében, és extrapolálva az egész földtörténetre, biztosak lehetünk abban, hogy sohasem volt veszélytelen a földi élet, és talán időnként a kihalás szélére is sodródott.

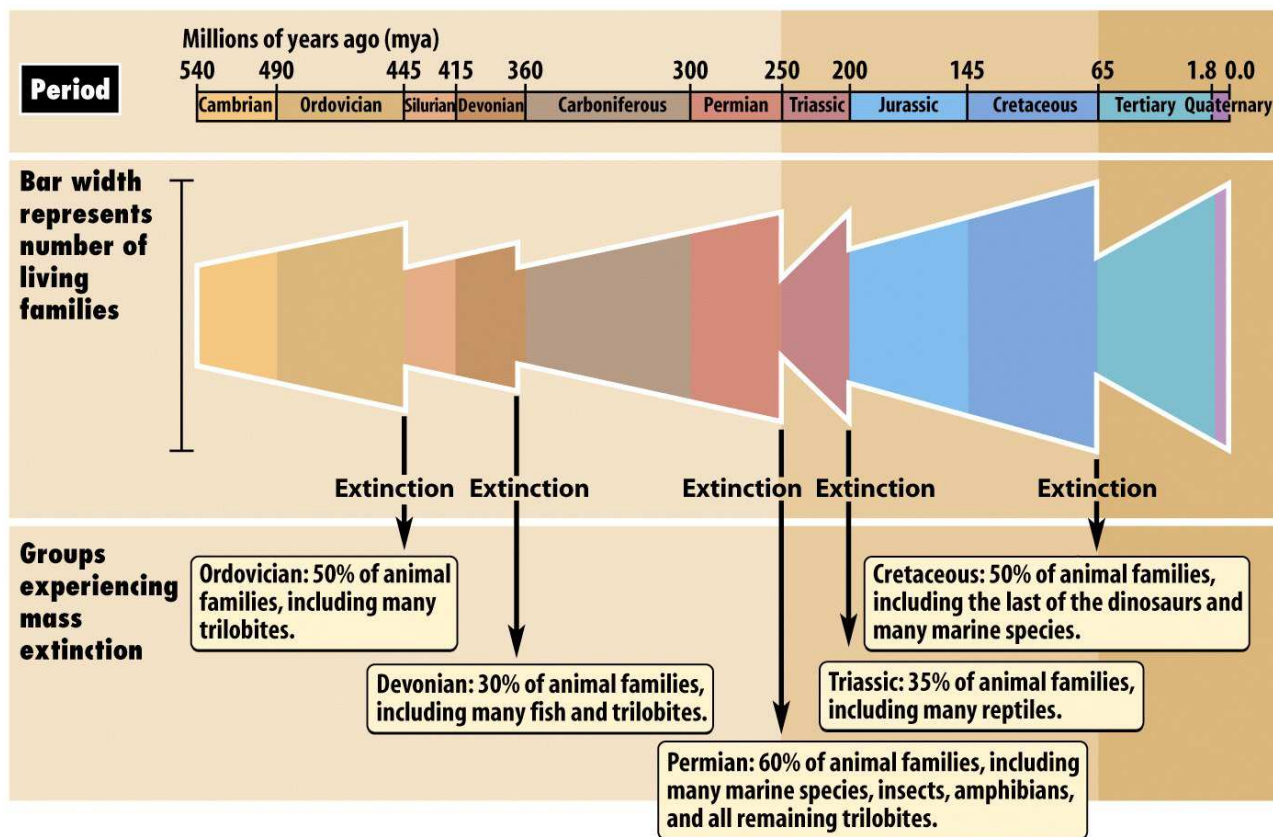


Figure 19-8 Discover Biology 3/e
© 2006 W. W. Norton & Company, Inc.

Az ember és a mai élővilág minden egyes faja közös ősszel rendelkezik, a különbség ebben csak annyi, hogy ez a közös ős mikor élt, és az evolúciós elágazástól milyen irányú és milyen mértékű változások történtek az ágakon. Az állatvilágban legközelebbi rokonaink az emberszabású majmok, ezeknek is az afrikai ága. Az ember tehát a közkeletű félreértéssel ellentétben nem a mai majmoktól származik, hanem a majmok valamennyi típusának és az embernek közös őse volt, és a közös ősek közül az utolsó az afrikai emberszabású majmoknak és az embernek is őse volt.

Az emberré válás folyamatában először a testi adottságok, anatómiai jellemzők változása következett be. Az Australopithecus afarensis ismert egyedei (Lucy), valamint egy még ezeknél is korábbi, 3,6 millió éves lábnyom lelet arról árulkodik, hogy őseink már akkor két lábon jártak, amikor agytérfogatuk még semmivel sem volt nagyobb a mai csimpánzénál.

Az emberősöknek tekintett nemekben még nagy a bizonytalanság. A legelső lelet, ami az emberek felé vezető fejlődési vonalhoz tartozhat, a Ramapithecus, azonban a rokonsági kapcsolatok és az elágazások egyelőre nem felderítettek. A Dryopithecus, Oreopithecus és Kenyapithecus is szóba jöhet e korai időkben. Az Oreopithecus esetében már a kétlábúság is felmerülhet. E nemek 14 és 8 millió évvel ezelőtti korok között éltek.

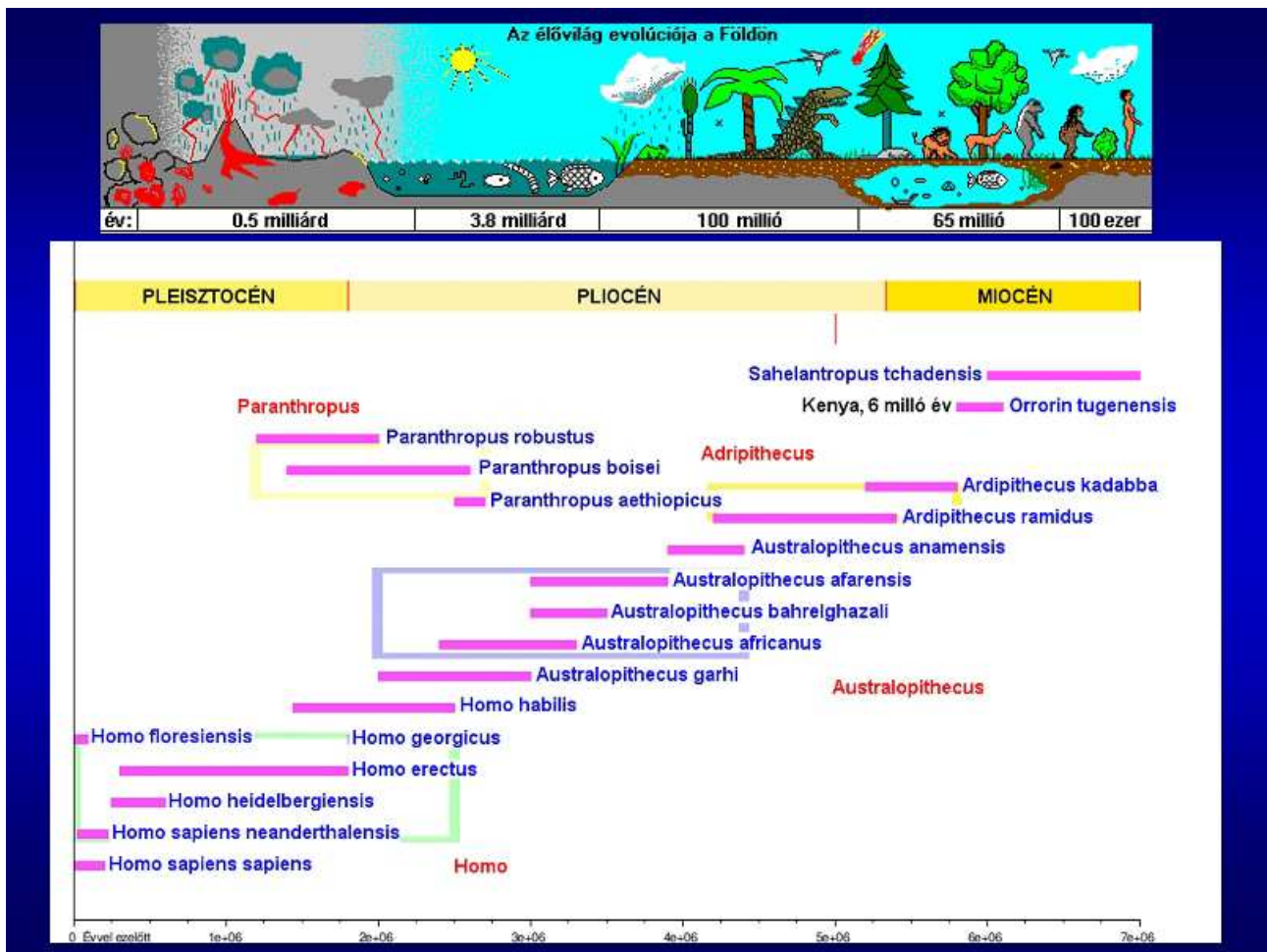
Az előemberek nagy része az Australopithecus genusba tartozik. E csoport mintegy 8 millió éve jelent meg, és 2 millió éves a legkésőbbi ismert leletük. Az Australopithecusok annyira átmeneti jellegűek, hogy besorolásuk és fajaik körül állandó viták zajlanak.

Az Australopithecusok minden faja két lábon járt, vegyes koszton élhetett, agykaponyájuk úrtartalma nem haladta meg az 500 cm³-t. A kisméretű agy ellenére az Australopithecushoz köthető a kőkorszak kezdete, az eszközhasználat első jelei.

2 millió éve jelent meg Kelet-Afrikában az első ismert, az emberek (Homo genus) közé sorolt faj, amelyet egyes embernek (Homo habilisnak) nevezünk. Agytérfogata nagy volt testéhez képest a (mai ember agytérfogatának kb. a fele) két lábon járt és eszközöket készített.


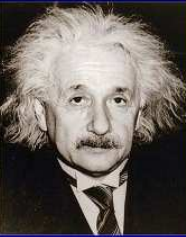
A felegyenesedett ember (Homo erectus) 1,5 millió éve tűnt fel Afrika és Eurázsia nagy részén a korábbi előembereknél, testesebb volt, agytérfogata is nagyobb, és ismerte a tüzet, továbbá kavicseszközöket használt. Nagyobb csoportokban élt, telepei akár 50 fősek is lehettek.


A mai ember a (nem kis mértékben szubjektív nevén) bölcs ember (Homo sapiens) mintegy 300 000 évvel ezelőtt alakult ki. Több alfaja ismert (H.s. neanderthalensis, H.s. presapiens) és körülbelül 30 000 éve megjelent a ma élő ember, a Homo sapiens sapiens alfaj.



Nagy kérdés azonban, hogy a homo genus miképpen jelent meg. Egy lassú, fokozatos fejlődés, vagy váratlan génmutáció eredményeként? Mi volt az a mozzanat, amely az embert véglegesen kiszakította az állatvilágból?

Az EMBER megjelenése


→ ? →





Fokozatos evolúciós lépések?

Véletlen mutáció?

Darwini evolúció?

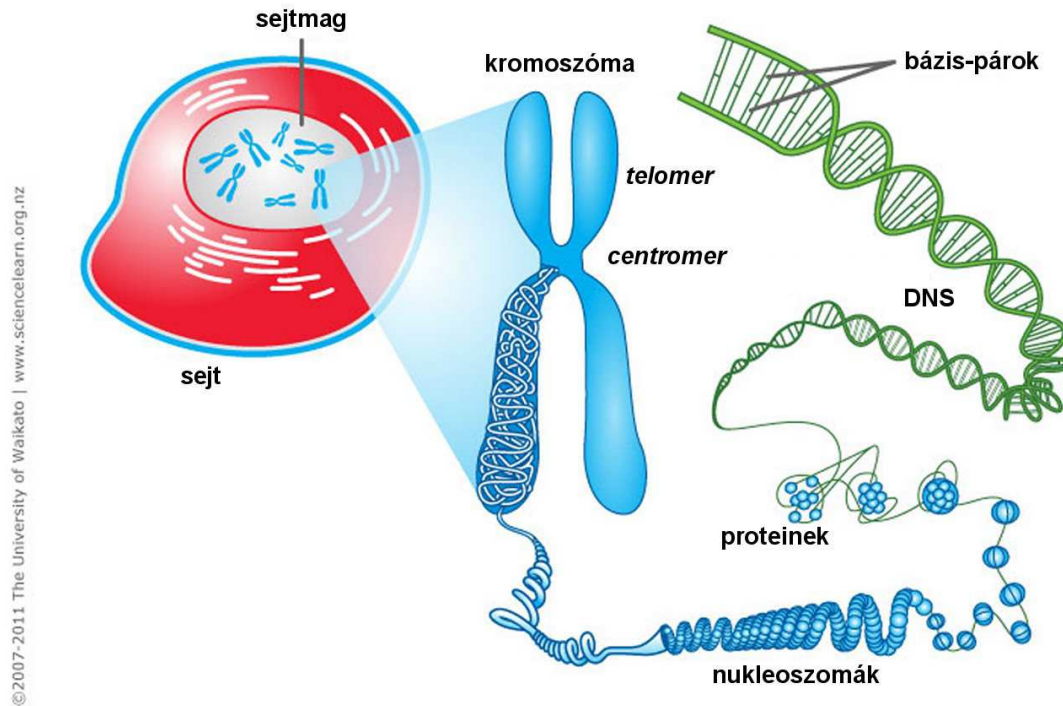
Intelligens tervezettség?



Troodon (tidae)

Mellékesen kitérhetünk arra a kérdésre, hogy a földtörténet során korábban történt-e hasonló eset. Megjelent-e a tudat, az intellektus és a két lábon járás korábbi fajok esetében? Paleontológiai ismereteink szerint nem. A dinoszauruszoknak csaknem 200 millió év állt rendelkezésükre, ennek ellenére úgy tűnik, hogy az evolúció nem termelte ki az intelligenciát egyik fajtájuknál sem. Viszont a kréta időszak vége felé egy nagyon érdekes dinoszaurusz család jelent meg. Ennek a családnak az őstípusa a Troodon nevű faj. Ez egy viszonylag kis termetű, kb. 2-3 méter magas és 50-60 kg-os, két lábon járó, mindenevő állat volt. Ragadozó lehetett, jó látással és a tárgyak megfogására alkalmas „kezekkel”. Testéhez képest neki volt a legnagyobb tömegű agya. Úgy tűnik, a Troodon jó úton járt, hogy kifejlődjék benne a mienkhez hasonló intelligencia. Szerencsétlenségére azonban a kréta végére fajtársaival együtt kipusztult.

Ahhoz, hogy megértsük az emberi faj megszületését, bele kell kóstolnunk egy kicsit a sejtbiológiába és a genetikába. A sejtmagban található kromoszóma szerkezeti felépítése látható a következő ábrán:



Az emberi faj megjelenésének problémáját az jelenti, hogy az elődünknek vélt főemlősöknek 24 pár kromoszómájuk van, míg az embernek csak 23 pár. Mivel tudjuk ezt a lényeges változást magyarázni?

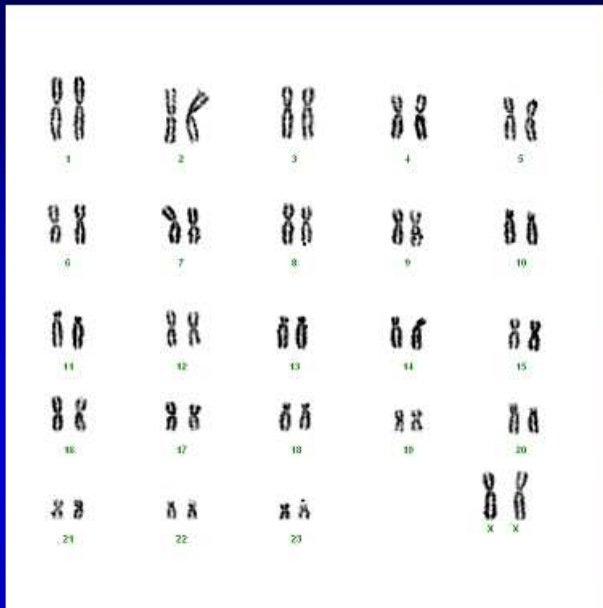
A genetikai állományban bekövetkező mutációk egyáltalán nem rendkívüliek. Az örökítő anyag, a DNS minden sejtosztódáskor nagyon pontosan megkettőződik. Nagy pontosságot követel a gének kiolvasása (RNS-szintézis) és a messenger fehérje szintézise is. Hibák azonban mindig előfordulhatnak. Működnek azonban ellenőrző és javító mechanizmusok, amelyek elég jó határfokkal bontják le a hibásnak talált molekulákat.

A DNS bázissorrendjének (szekvenciájának) megváltozását nevezzük mutációnak. Genetikai következményei azonban csak az ivarsejtekben keletkezett mutációknak vannak. A mutációknak több fajtája ismert. Ezek a generáció váltások során felhalmozódhatnak és átalakíthatják a genetikai állományt.

A darwini felfogás szerint a mutációk előnyös és hátrányos tulajdonsággal bíró egyedek megjelenését eredményezheti. Amennyiben a túlélés szempontjából a mutáció előnyt jelent, úgy a mutáns egyed nagyobb valószínűséggel hoz létre utódokat, fajtája elszaporodik. Az előnytelen mutánsok viszont kiszélektálódnak.

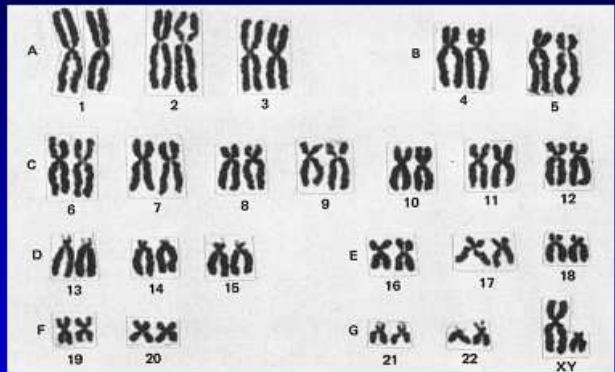
Itt meg kell jegyezni, hogy a véletlenszerű mutációk többsége úgynevezett közömbös mutáció, amely sem előnyt, sem hátrányt nem jelent az evolúciós folyamatban. A szelekció azonban nem képes új genetikai variánsokat létrehozni, hanem a meglévőből válogat. A környezet dönti el, hogy melyik gént változat lesz hasznos, vagy káros, de a környezet megváltozásával ez is megfordulhat.

A számunkra leglényegesebb mutáció, miszerint a főemlősök 24 pár kromoszómájából 23 pár emberi kromoszóma lett sokkal nehezebb megmagyarázni. Újabb kutatások kimutatták, hogy valószínűleg kromoszóma-összeolvadásról van szó. Az ember 2-es kromoszóma párja ugyanis két centromert és három telomert tartalmaz.



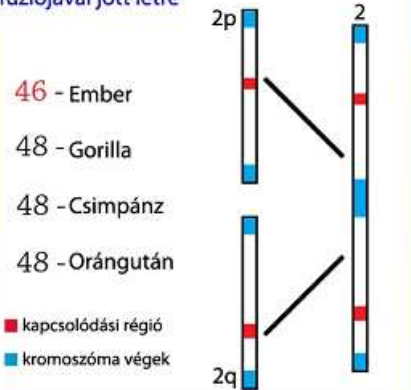
Főemlősöknek 24 pár kromoszómájuk van

Mikor és hogyan történhetett?



Az embernek 23 pár kromoszómája van

A 2. emberi kromoszóma két kromoszóma fúziójával jött létre



Hogy mikor és hol, azt nagyjából tudjuk. De hogyan? Tételezzük fel, hogy véletlenül egy ilyen kromoszóma-összeolvadási mutáció megtörtént. Ennek, mint minden véletlen mutációnak nagyon kicsi a valószínűsége. Tehát rendkívül ritkán következik be. Ha egy főemlős populáción belül mégis előfordult, ez negatív szelekciós hatású volt, ugyanis „nem talált párjára”. A 23 pár kromoszómával rendelkező legelső emberi egyed ugyanis a 24 pár kromoszómájú társaival a közösségen belül semmiképpen sem lehetett képes utódokat nemzeni. Ahhoz minimum két (de valószínűleg ennél több) különböző nemű, de fiatal (nemzőképes) egyednek kellett megjelennie a közösségen belül, azonos időben. Ennek a valószínűsége szinte nulla!

Az eddigiekből látható, hogy egyáltalán nem szükségszerű, hogy az élővilág evolúciója során megjelenjen az értelemmel és intelligenciával bíró emberi lény! Már csak azért is, mert az ember szinte mindenben különbözik „elődjektől”. Különbözik minden állattól. Az ember teljesen más, nem természeti lény. Állítom ezt a következők miatt: az ember az egyetlen a természetben, aki csak valamilyen módon feldolgozva tudja fogyasztani a táplálékát, az embernek ruhát kell készíteni, az embernek zárt helyen kell laknia, azaz házat kell építenie, stb. Mindezen tevékenységek során hulladékot termel, vagyis szennyezi a környezetét. Ezt semmilyen más lény a természetben nem teszi. De különbözik abban is, hogy fejlett kommunikációja van, társadalmat alkot, csak abban képes élni. És végül, de nagyon lényeges dolog, hogy az ember kedvtelésből is öl, nem csak azért, hogy éhségét csillapítsa.

Nagyon különös lények vagyunk. Véletlen teremtményei az evolúciónak, vagy mélyebb ok munkálkodik a háttérben?

Ezen a bolygón miért, miért nem, 2,5-3 millió évvel ezelőtt feltűnt az ember. Közösségben, családban, társadalomban él. A történelemből ismertek a nagy ókori és azokat követő nagy civilizációk. A társadalmat érhetik kedvező hatások, ekkor felvirágoznak, majd különféle okok miatt hanyatlás következik be. Soha nem fordult elő, hogy egy civilizáció töretlenül több ezer éven keresztül virágzott volna. Miért?

Az eddig a történelem színpadán megjelenő néhány tucat „nagy” civilizáció közül csupán egyetlen egy fordult a természettudomány és technika irányába. Vajon miért? Végül is csak egy technikai civilizációnak vannak meg a lehetőségei, hogy hatékonyan fellépjen az őt fenyegető belső (társadalmi konfliktusok, betegségek) és külső (környezeti ártalmak, kozmikus veszélyek) veszélyekkel szemben. De vajon mennyi ideig képes fennmaradni egy ilyen civilizáció? Elpusztítja-e saját magát? Nem tudhatjuk.

Az evolúció során ilyen még soha nem történt !

- Az emberi faj különlegessége - ember és természet
- Agytérfogat – és változása
- Az intellektus
- Kommunikáció - információ rögzítés
- Egyén és társadalom
- Társadalmi változások stimulációi és gátjai
- Társadalom érdeklődési irányai - technikai v. keleti típusú
- Társadalmi fejlődés szélsőségei
- Jövő? - energiaválság, ökológia, környezetszennyezés, leépülés, stb.
- Válságok - saját fajunk elpusztítása?
- Túlélési stratégiák - elköltözés, androidok, mesterséges intelligencia

Összegzés:

Az „életbarát” csillagok száma a Tejútrendszerben

Amit tudunk:	csillagok száma: ~ 200 milliárd (2×10^{11})
	Tejút életzónájában 10%, akkor: $2 \times 10^{11} \times 0,1 = 2 \times 10^{10}$
	Naphoz hasonló 4%, akkor: $2 \times 10^{10} \times 0,04 = 8 \times 10^8$
	magányos csillag 35%, akkor: $8 \times 10^8 \times 0,35 = 2,8 \times 10^8$
	megfelelő fémtartalom 7%, akkor: $2,8 \times 10^8 \times 0,07 = 2 \times 10^7$
	felének vannak bolygói, akkor: kb. 10 millió potenciális csillag
Amit nem tudunk:	az élet létrejöttének valószínűsége (f_e) $\sim 1 - 0,001$
	az intelligencia megjelenése (f_i) $\sim ?$
	technikai civilizáció (f_t) $\sim ?$
	civilizáció élettartama L ?



Technikai kommunikációra képes civilizációk száma a Tejútrendszerben

Optimista paraméterekkel számolva: néhány százezer

Pesszimista paraméterekkel számolva: nulla!

Földi élet kb. 3,5 milliárd éves.

Technikai civilizációnk kb. 350 éves (ez 1/10 milliomod rész!)

Feltételezve, hogy egy technikai civilizáció élettartama kb. 10 ezer év,
és az evolúció hasonló sebességű, akkor ez az életidőnek csak a
3 milliomod része!

Ami azt jelenti, hogy ha összesen 3 millió technikai civilizáció született a
Tejútrendszerben, akkor azok közül valószínűleg 1 lehet „kortársunk” !

Mi a valószínűsége, hogy megtaláljuk?

Vác, 2014. május