

Kozmológiai idővonal

Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.

Összefoglalás

Az Univerzum története 13800 millió évet ölel fel. Ebben az időszakban az Univerzum rekordidő alatt alakította át az energiát őselemek atomjaivá. Az atomok csillagokat alkottak, és ezek átalakították az anyagot, hogy létrehozzák a periódusos rendszert alkotó körülbelül 100 elemet. A kémiai elemeket megszervezték, de a prebiotikus anyag előállítása, amely később a Földön ismert különböző életformákhoz vezetett, hosszú és összetett folyamat volt. Azt mondhatjuk, hogy az élet egy sor olyan tényező következménye, amely azt termelte és lehetővé tette, hogy fejlődjön. Megismerni azokat a pillanatokat, amelyek alapvető mérföldkövek voltak az élet megjelenésében az Univerzum története során, megközelíteni azokat az eszközöket, amelyeket a csillagászok terveztek, építettek és telepítettek, még a Földön kívül is, hogy tanulmányozzák az élet létezésének lehetőségét az Univerzum egyetlen helyén túl, ahol észlelték, és fedezze fel azokat az elméleteket, amelyek megpróbálják megmagyarázni, hogyan, mikor és hol keletkezett az élet, ennek a műhelynek a küldetése.

Célkitűzések

- Vizualizáld az Univerzum történetét egy idővonalon keresztül
- Ismerje meg az élet kialakulásához szükséges folyamat fontosságát
- Megérteni az élet sokféle körülményhez való alkalmazkodását

Kozmológiai bevezetés

Az Univerzum az egyetlen rendszer, amely el van szigetelve a természettől: nem cserél sem energiát, sem anyagot a környezettel, mert ő a közeg.

Becslések szerint az univerzum 13800 millió évvel ezelőtt keletkezett az energia felszabadulásának eredményeként. Az univerzum születésének és fejlődésének folyamatával, valamint a végső célállomás lehetséges forgatókönyveivel foglalkoztak az Univerzum Evolúciós Műhelyben.

Az Univerzum egészének tanulmányozásán túl érdekes kiterjeszteni a méretarányos modellekkel kapcsolatos javaslatot, amely lehetővé teszi számunkra, hogy bepillantást nyerjünk a Kozmosz korába, ugyanakkor bevezessünk egy alapvető fogalmat az emberi faj számára: az élet, az Univerzum egyik jellemzője vagy egyedi tulajdonsága.

Az élet eredetének kérdése és következménye, az intelligens élet létezése az exo és az asztrobiológia fő fókusza; Ez egy szokatlan esemény, amelyet tudományos szempontból tanulmányozhatunk azzal a céllal, hogy megértsük, hogyan történt a Földön, és hogyan fordulhat elő máshol.

Az élet keresése a csillagászat és az asztrofizika közös célja, ezért a téma kozmológiai skálára helyezése lehetővé teszi számunkra, hogy megértsük azt a hosszú időintervallumot, amely elválasztja az Univerzum eredetét az élet legprimitívebb formáinak megjelenésével.

Az élet kereséséhez van néhány eszközünk, amelyek az asztrobiológia és az asztrokémia munkájának alapját képezik.

A csillagközi gáz- és porfelhő gravitációs összeomlásából származó csillag kialakulásának és születésének folyamatában bolygórendszer alakulhat ki a felhőből származó anyag maradványaiból.

Ugyanúgy, ahogy a csillag összetételét a spektrumának tanulmányozásával ismerhetjük meg, megismerhetjük a bolygó légkörének létezését és kémiai összetételét a Naprendszer esetében, vagy az exobolygók létezését és kémiai összetételét az exoplanetáris vagy extraszoláris rendszerek esetében. Minden kémiai elemnek, minden molekulának van egy bizonyos és egyedi spektruma.

Ha egy bolygónak vagy exobolygónak van légköre, és ha a csillag spektruma ismert, amikor a csillag fénye áthalad az exobolygó légkörén, akkor a légkörben lévő kémiai elemek részben elnyelők. Ily módon képesek leszünk meghatározni bármely légkör kémiai összetételét.

Erre példa a James Web Telescope legújabb felfedezései, amelyek különböző exoplanetáris rendszereket hoznak létre.

Példa: hogyan lehet megközelíteni az élet keresését, a következő lenne. a WASP-39b exoplanet részletes modellezésében, amelyet a webes távcső megfigyeléseinek köszönhetően készítettek, kiderült, hogy a légkörében lévő SO_2 -i fotokémia állítja elő, ami rendkívül fontos, mivel a fotokémia alapvető fontosságú a földi élet virágzásához, mivel az O_3 (ózon) termeléséhez kapcsolódik, fotoszintézissel és az emberi szervezet számára alapvető D-vitamin előállításával.

Az általunk javasolt idővonal nulladik pillanatától csak körülbelül 100 másodperc telt el az összes energia atomokká való átalakulásáig. Az élet megjelenéséhez először galaxisoknak kellett keletkezniük, majd csillagoknak, ezeknek kellett átalakítaniuk a kémiai elemeket, gazdagítaniuk kellett az intergalaktikus és csillagközi környezetet, és meg kellett adni a feltételeket, hogy rendezetlen molekulák összetett struktúrákat alkossanak, amelyek képesek reprodukálni magukat, és végül átadni helyüket azéletnek.

A következő szakaszokban látni fogjuk ezt a hosszú folyamatot, amely nem csodálatos, hanem a kozmosz fejlődésének következménye.

Tevékenység 1: Idővonal

Az Univerzum történetének idővonalának megjelenítéséről van szó egy szalagon. mértékegységként egy métert használva, amely egymilliárd évnek felel meg ($1\text{m} = 10^9\text{ év}$, azaz $10\text{ cm} = 10^6\text{ év}$).

Ahogy a tudomány fejlődik és pontosabb műszerek válnak elérhetővé, az Univerzum történetében fontos nagyságrendek, például az idő és a távolság meghatározása bizonyos változásokhoz vezethet azokban az időszakokban, amelyekben a kozmosz legjelentősebb eseményei történnek. Ne feledje, hogy amit az Univerzumról tudunk, statisztikai, több és jobb megfigyelés kényszeríthet minket arra, hogy felülvizsgáljuk minden eredményünket.

A Bing Bang, az ősrobbanás 13800 millió évvel ezelőtt történt ($13,8 \cdot 10^9\text{ év}$), majd rövideideig, 10-45 másodpercig nem nagyon ismert megmagyarázni, hogy mi történt, mert még Einstein relativitáselméletét sem lehet alkalmazni, ez az úgynevezett Planck-korszak.



1. ábra: Az idővonal egyszerű bemutatása egy 13,8 m hosszú szalagon. Néhány objektum össze van varrva, ami megkönnyíti az értékek kapcsolatát és összehasonlítását, és lehetővé teszi a skála rögzítését.

Az ősrobbanás 10^{-35} után kezdődik az infláció, amely reagál az Univerzum exponenciális tágulására. Egy mikroszekundum (10^{-6} másodperc) a Big Bang után megkezdődik az ősleves kialakulása (amely különböző elemi részecskékből áll).

Az ősrobbanás 3 perce után megkezdődik a "H" primordiális nukleoszintézise. Ezt az első részt nem igazán lehet skálázási problémával ábrázolni az idővonalon, mivel 1 millimétert egymillió évnek tekintünk, másodpercek vagy percek láthatatlanok. Emiatt nem jelenik meg az idővonalon, hanem külön jelenik meg.

100 millió év után (10 cm után), azaz 13700 millió évvel ezelőtt alakultak ki az első őselemek. További 100 millió év vagy újabb 10 cm után $13,6 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt alakultak ki az első molekulák, és ezek közül az első vízmolekulák.

Hozzávetőlegesen, szintén ebben az időmúlásban, h ász 13600 millió évvel ezelőttkeletkeztek az első csillagok, és valamivel később, 13100 millió évvel ezelőtt az első galaxisok. Százmillió év elteltével kialakult a primitív Tejút ($13,0 \cdot 10^9$ év) (1. ábra).

Körülbelül 8400 millió évig (8,4 méter: skálánkon 10^9 év egyenlő egy méterrel) egyidejű jelenségek sorozata történik. Az első csillagok fejlődnek, ami különböző robbanásokat eredményez, amelyek különböző típusú atomokat ürítenek ki, és megjelenik a periódusos rendszer elsődleges elemeinek sokfélesége. Ugyanakkor az új csillagok továbbra is kialakulnak, amelyek szintén fejlődnek, és az evolúció különböző szakaszaiban különböző típusú tárgyak keletkeznek.



2. ábra: 4600 millió évvel ezelőtt kialakul a Nap, és ezzel együtt megjelennek a Naprendszer különböző testei, különösen a Föld és a sziklás bolygók 4560 millió évvel ezelőtt. Körülbelül 20 millió évvel később megjelent a Föld mágneses mezeje, amely védelmet nyújt az általunk ismert életre veszélyes különböző sugárzások ellen.

A fent említett 8,4 millió év után, azaz $4,6 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt megtörténik a Napunk kialakulása, valamint az első alkoholok kialakulása. Az OH-csoportok később szükségesek, mert sok molekula kialakulásában jelennek meg, amelyek fontosak lesznek a DNS felépítésének eléréséhez.

Körülbelül 3 cm-rel később, 4570 millió évvel ezelőtt született meg a Naprendszer, 4 mm-rel később, 4566 millió évvel ezelőtt alakultak ki a gáznemű bolygók, 6 mm-rel később, 4560 millió évvel ezelőtt pedig a Föld és a többi sziklás bolygó (2. ábra).

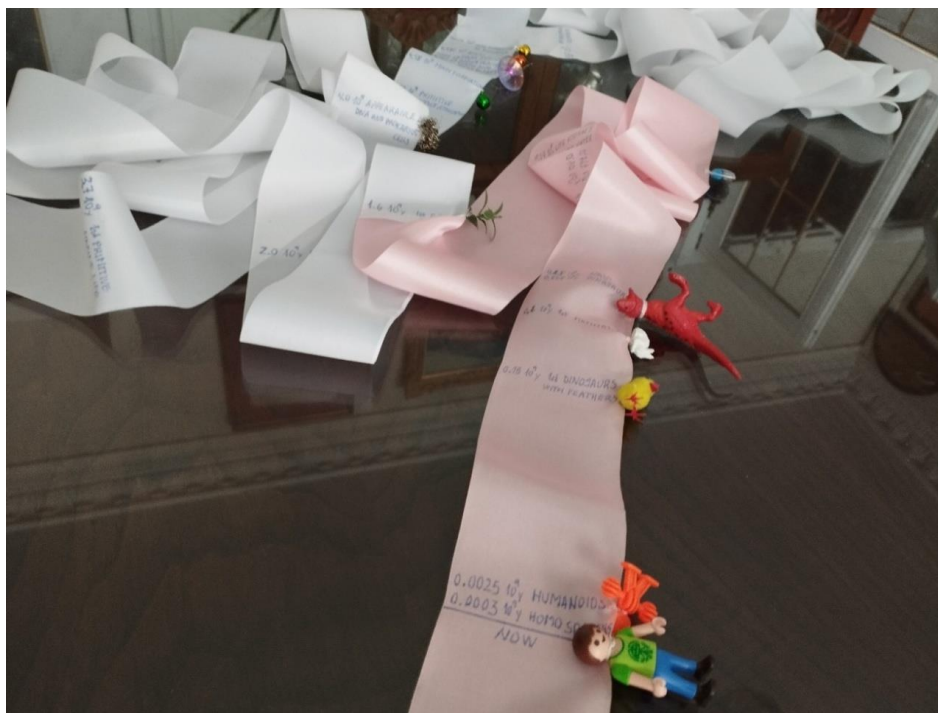
Körülbelül 2 cm-rel később a Föld mágneses mezeje ebből a 4540 millió évvel ezelőtti helyzetből emelkedett ki, ami védelmet jelentett a bolygónk életére káros különböző típusú sugárzások ellen.

Ezt követően 6 cm-en megkezdődött a Hold kialakulása, körülbelül 4480 millió évvel ezelőtt, amely a Föld-Hold rendszert alkotta bolygórendszerünkben.

Csak 3 cm-rel később, 4450 millió évvel ezelőtt alakult ki a primitív Föld légköre.

4.1 10^9 évvel ezelőtt, 45 cm után történt a késői intenzív bombázás, amely érintette a Naprendszer testeit, valamint a Földet és a Holdat.

4000 millió évvel ezelőtt ($4,0 \cdot 10^9$ év), azaz 10 cm-rel később megjelennek az első prokarióta sejtek (mag nélkül), és megjelenik a DNS-molekula.



3. ábra: A vonal üres a kezdetektől az első zöld növények megjelenéséig. Rózsaszínben ettől a ponttól a mai napig.

2 méter után ez 2 milliárd évvel ezelőtt kezdődik az élet, amely lélegzi az oxigén O_2 -t.

40 cm, $1,6 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt kezdődik a zöld növények megjelenése bolygónkon, azaz a klorofill funkció jön létre (3. ábra).

90 cm vagy 90 millió év felett, azaz 700 millió évvel ezelőtt ($0,7 \cdot 10^9$ év) az első speciális szövetek és szervek megjelennek.

18 cm után $0,52 \cdot 10^9$ évig megjelennek a Trilobiták, a mindannyiunk által jól ismert fossziliák.

5 millió év elteltével, azaz 5 cm-rel később, 470 millió évig megtörténik az állatok első kilépése a vízből a szárazföldi övezetbe.

Mindössze 7 cm, 400 millió évvel ezelőtt megjelennek az ammoniteszek (ismert fosszíliák).

3 mm-rel később, 397 millió évvel ezelőtt megjelennek az első gerincesek a Földön.

Ha 14,7 cm-rel mozogunk, körülbelül 250 millió évvel ezelőtt, megjelennek a Nautili, állatok, amelyek még mindig megtalálhatók a bolygónkon.

Csak 5 millióval később, ez 5 mm-rel később, 245 millió évvel ezelőtt megjelennek az első dinoszauruszok.

4,5 cm után, 200 millió évvel ezelőtt jelentek meg az első emlősök, kezdetben kicsik voltak, később megjelentek a nagyobbak.

5 cm-rel később, ebből 150 millió évvel ezelőtt megjelennek az első tollas dinoszauruszok, madáraink ősei. Valójában az egyik legkevésbé fejlett és az ősi szárnyas dinoszauruszokhoz legközelebb álló egyszerű csirkék a karámunkban vannak (3. ábra).

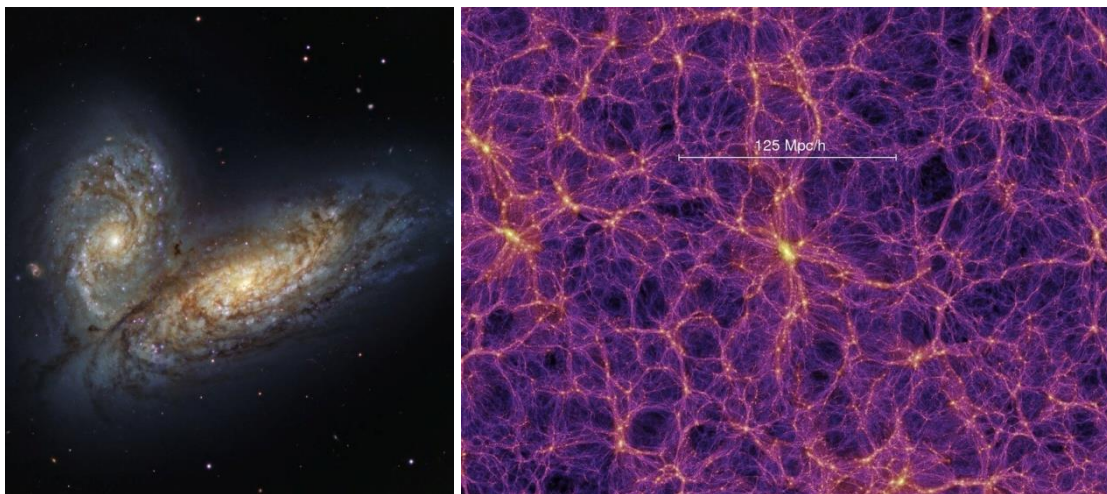
14,75 cm felett, azaz 14,75 millió év után $0,0025 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt = 2,5 millió év = 2 500 000 év után megjelennek az első humanoidok.

Csak 2, 2 mm után, azaz csak $0,0003 \cdot 10^9$ évvel ezelőtt = $0,3 \cdot 10^6$ év = 300 000 év után megjelenik a Homo sapiens.

Kannibál galaxisok

A galaxisok csillagok csoportjai, amelyeket a gravitáció köt össze, és amelyek önmagukon forognak. A galaxisok különböző csoportjai szálakat alkotnak, ahol az új galaxisok kialakulásának aktivitása nagyon aktív.

Minden galaxishalmaz egy nagy kozmikus balettben szerepel, ahol találkoznak, ütköznek, és a nagyobbak kannibalizmusa a kisebbekkel szemben arra készíti a fiatal galaxisokat, hogy versenyezzenek az új csillagok kialakulásának elősegítéséhez szükséges szabad gáz megszerzéséért (4. ábra).



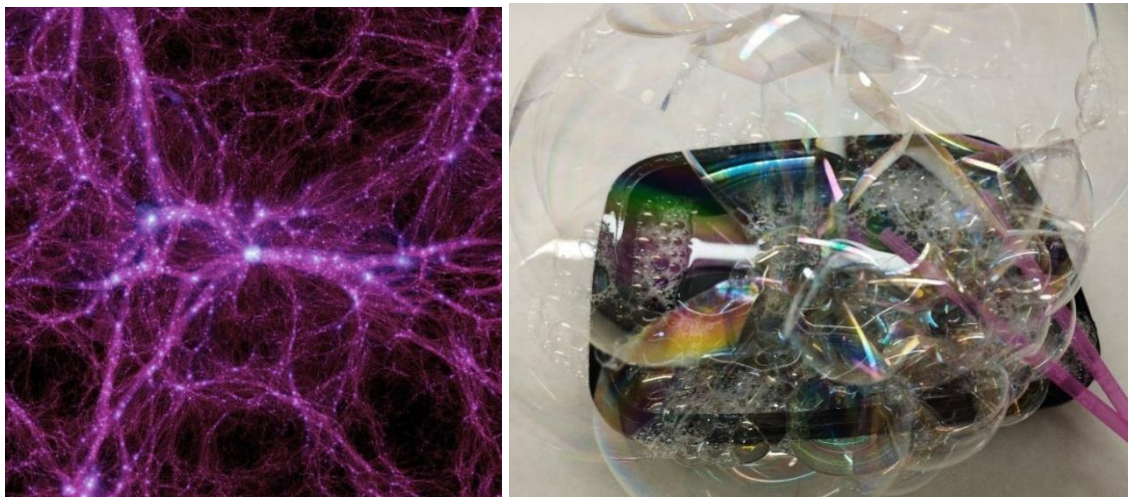
4. ábra: Kannibál galaxisok ütközése (Hitel: ESO). 5. ábra: Az univerzum szálszerkezetének modellezése (Hitel: Springel et al.)

Így felelnek meg a csillagkeletkezés leggazdagabb területei a nagy ütközések területeinek, ahol a nagy nyertesek mindig a nagyobb galaxisok. Mindez az aktivitás az univerzum fonalas területein zajlik, így a nagy terek anyagmentesebbek maradnak (5. ábra).

Tevékenység 2: Fonalas modell

Az univerzum szálszerkezetét egy tálcával vagy edénnyel lehet szimulálni, ahol mosószerrel ellátott víz helyezhető el. Néhány szívószál bevezetésével az üdítőitalok kortyolgatásához fordítva cselekszel, levegőt fújsz rajtuk keresztül, és így nagyon rövid idő alatt jó számú buborékot kapsz.

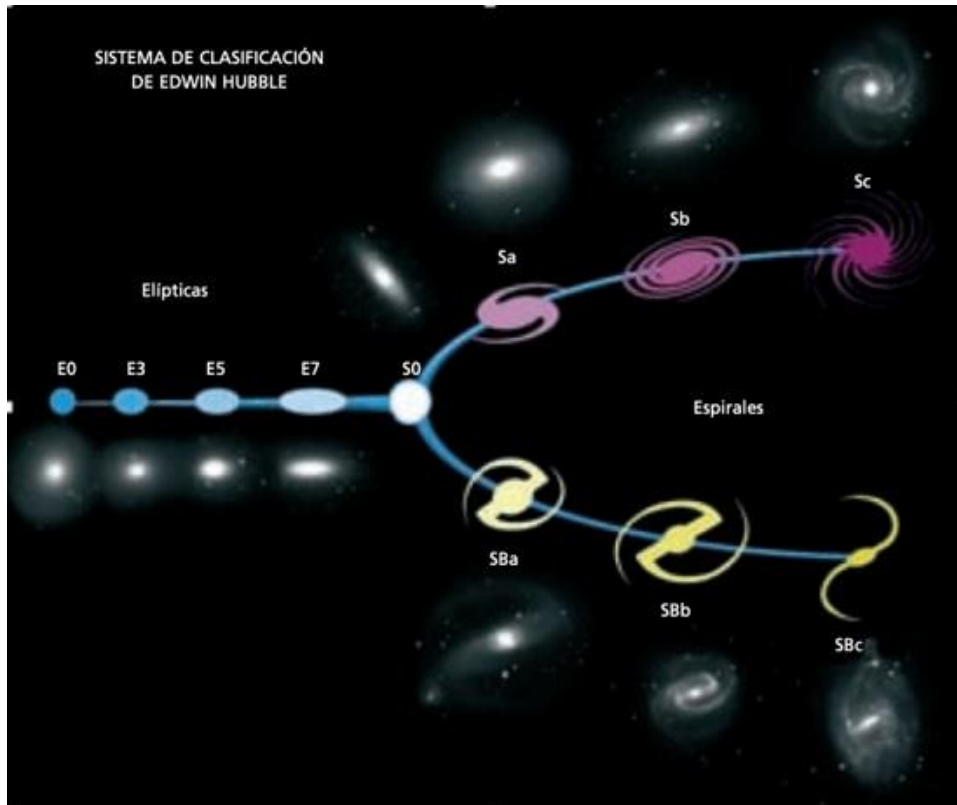
Amint az a nagy szappanbuborékokkal rendelkező modellben látható, a szappanos folyadék nagy része a buborékok metszéspontjában van elrendezve, ami többé-kevésbé fonalas megjelenésű területeket eredményez.



6. ábra: Az univerzum szálszerkezetének modellezése (Credit: Illustris Project). 7. ábra: A fent említett szerkezet modellezése szálakban víz és mosószer felhasználásával.

A galaxisok osztályozása

Vannak spirális, küllős, elliptikus, gömb alakú és szabálytalan galaxisok, amelyeket általában morfológiájuk szerint osztályoznak a jól ismert Hubble-szekvenciában. Mint már említettük, ez a besorolás csak a formájára vonatkozik, és nem felel meg annak fejlődésének.



8. ábra: Edwin Hubble osztályozási rendszer (Credit NASA-ESO)

Tevékenység 3: Spirálgalaxisok kialakulásának szimulációja

A spirális galaxisok modellje (9a ábra) vízzel teli pohárral és nagyon finom szemcsékkel rendelkező termékkel, például nátrium-hidrogén-karbonáttal (9b ábra), asztali sóval (NaCl) készíthető, bár könnyebben oldódik vízben, és homokban (9c ábra), mindaddig, amíg nagyon finom, még egy szitán is áthalad.



Füge. 9a. Galaxy NGC 5457 (ESA/Hubble)



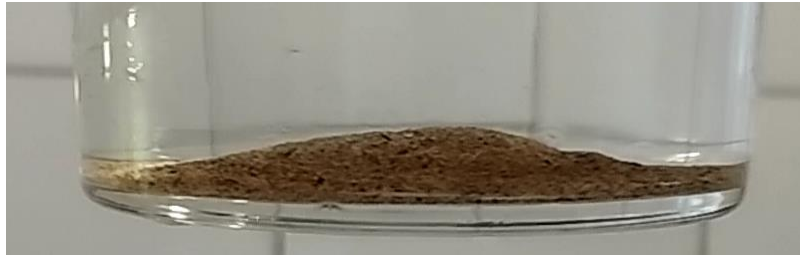
Füge. 9b. Galaxy bikarbonáttal.



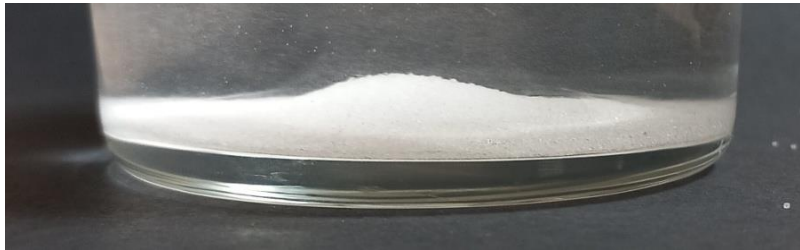
Füge. 9c. Galaxy homokkal.

Keverjük össze a vizet az üvegből teáskanállal és energiával, hagyjuk abba a keverést, öntsünk egy evőkanál terméket, és várjuk meg, amíg a szemek leülepednek. Kapsz egy központi halmot és spirálkarokat, amelyek nagyon hasonlóak a galaxisokéhoz.

Az üveget oldalról nézve a modell a galaxisok alakját is szimulálja szélén, a központi kidudorodással (10. ábra a, b és c).



10a ábra, Homok galaxis modell, oldalról nézve.



Füge. 10b. Bikarbonát modell, oldalról nézve is.



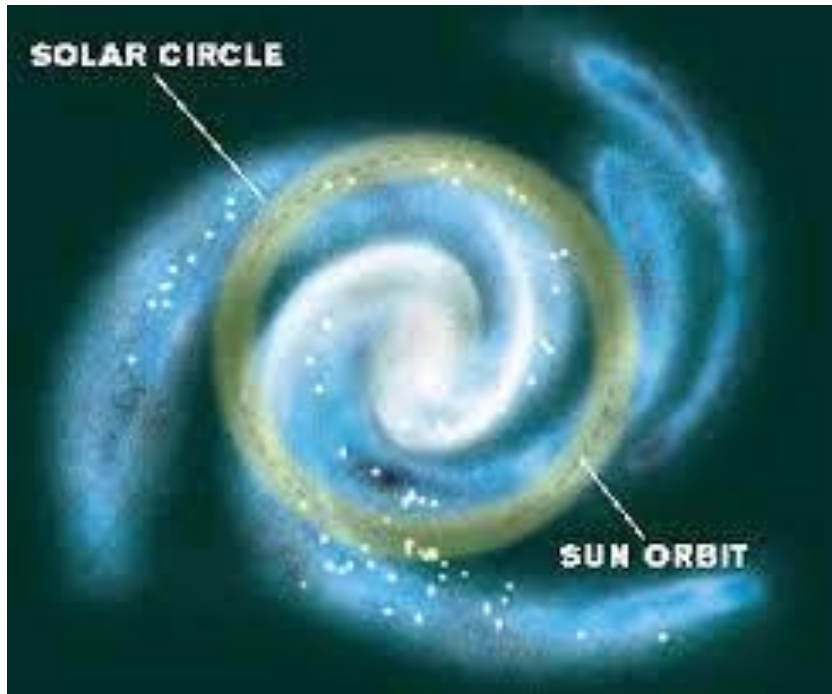
Füge. 10c. Galaxy NGC 4565, központi kidudorodással (Forrás: ESO/NASA)

Ha lassan haladunk, modellezhetjük a spirálkarokat, és valami hasonlót kaphatunk az elliptikus galaxisokhoz, a Hubble-szekvencia egy másik galaxistípusához (8. ábra). A mi modellünk önmagában nem képes reprodukálni a küllős galaxisokat.

Lakható zóna a galaxisokban

A galaxisok központi zónájában magas az energiaszint, hatalmas gamma-kitörések és hatalmas, nagyon energikus és erőszakos események vannak, amelyek lehetetlenné teszik az életet. Másrészt a galaxis szélén hiányzik a hidrogénnél és a héliumnál nehezebb atomok, amelyek az élethez szükségesek, így a lakható zóna egy kör alakú területnek felel meg, mint egy autó gumibroncs kamrája, és megfelel annak a területnek, ahol a Nap mozog. A galaxisok lakható

zónája általában a galaxis középpontjától számított 23000 és 30000 közötti sugarú körben helyezkedik el (a Nap 27000 l.y.



11. ábra: A galaxis lakható zónája (Hitel: NASA)

Plazma és mágneses mező

Az intergalaktikus közegben, a csillagközi közegben és magukban a csillagokban az anyag általában plazma állapotban van. Ez a plazma elektronokból, protonokból, nagy energiájú részecskékből és ionizált gázból áll.



12a. ábra: Fátyol-köd, (Credit Hubble), 12b ábra: C/2002 E3 üstökös (Hitel: Rykis Babianskas és Carlos Viscasillas)

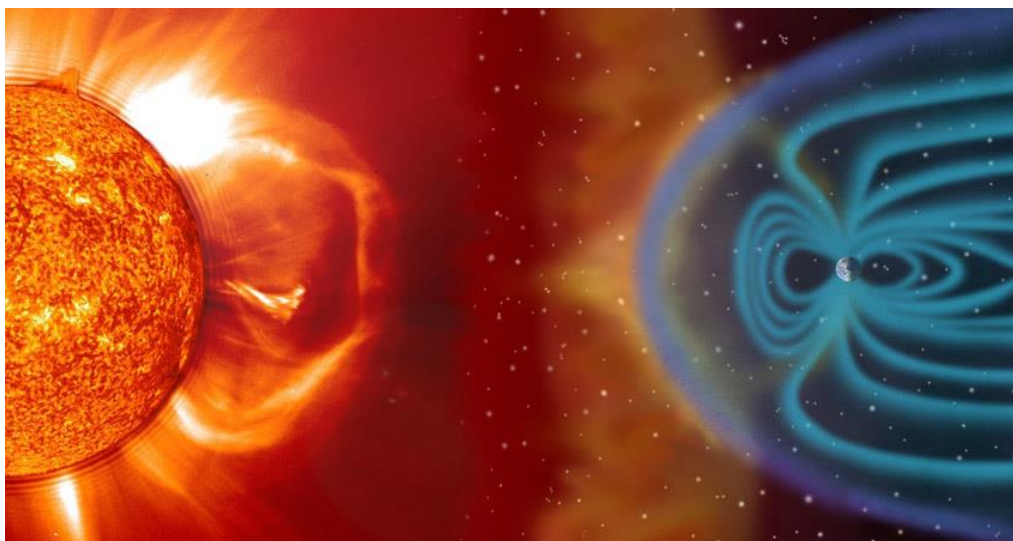
A Földön van anyag ebben az állapotban, mint például a villámlás, a fénycsövek belseje vagy az energiatakarékos lámpák, a monitorok és a televízió képernyői, a plazmagolyók vagy a gyertya lángja.



13a., 13b. és 13c. ábra: Plazma állapotban van anyag a plazmagömbben, lángban és fluoreszkáló csőben

Ez is plazma a napszél, töltött részecskék áramlása, amelyek a Nap koronájából szabadulnak fel az egész Naprendszerben, minden irányban. Ezeknek a részecskéknek az áramlása változó, nagymértékben befolyásolja a naptevékenység, amely napfoltokat és fáklyákat hoz létre. A napszél meghajlíthatja az üstökösök csóvájának plazmáját, amely mindig a Nap felé mutat.

A Földön geomágneses viharokat generálhat, és sarki fényt (északi és déli fényeket) hoz létre. A napszél részecskéi nagy sebességgel és sok energiával haladnak, nagy áthatolási erővel rendelkeznek, és károsíthatják a sejtek DNS-ét. A Föld mágneses mezője képezi a magnetoszférát, amely védőpajzsként működik, mint egy esernyő, amely eltéríti az életre veszélyes töltött részecskéket, megakadályozva, hogy elérjék a Föld felszínét.



14. ábra: A Föld mágneses mezeje pajzsként vagy esernyőként szolgál a napszél ellen.

Amikor erős koronakidobódások vannak a Napon, a napszél intenzitása nagymértékben megnő, és áthatolhat a Föld magnetoszféráján. Ezekben az esetekben a napszél egy része eléri a légkört a pólusok közelében lévő területeken, gyönyörű északi fényt (az északi féltekén) és déli fényt (a déli féltekén) generálva.

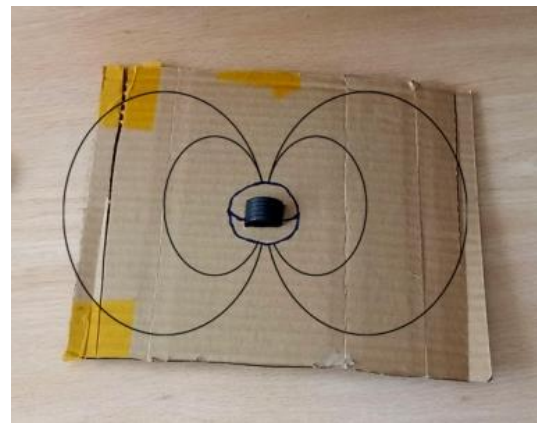
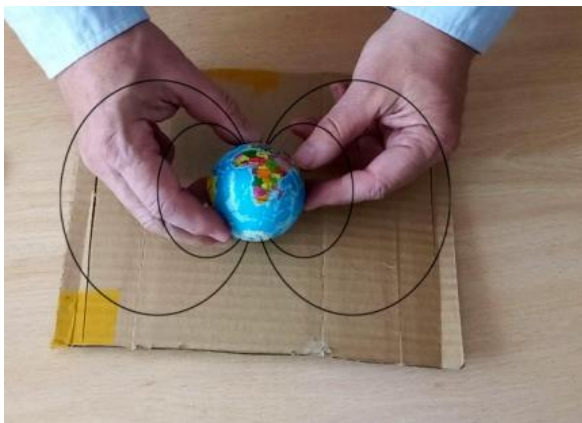
Ezeknek a részecskéknek az energiája gerjeszti a légkörben lévő atomokat, így elektronjaik különböző hullámhosszú fotonokat bocsátanak ki. Ha a részecskék nagy energiájúak, az oxigén zöld/sárga fényt bocsát ki, ha alacsony energiájú, akkor vörös/lila fényt. A nitrogén esetében kékes vagy vörös/lila fényt bocsát ki a sarki fény alsó szélein.



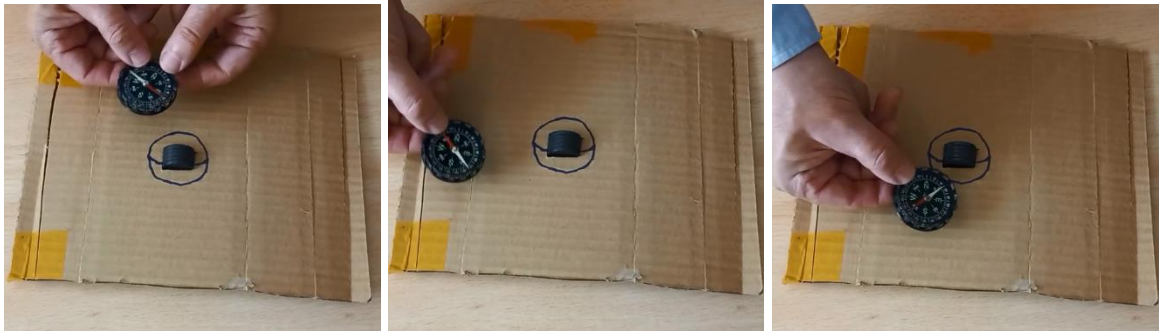
15a és 15b ábra: A sarki fény különböző színei az oxigén és a nitrogén ionizációjától függenek. (Közreműködők , S.Ekko, Finnország)

Tevékenység 4: A Föld mágneses tere

Vizualizálhatjuk a Föld mágneses mezejét egy mágnessel, amely a Föld mágneses mezőjét képviseli, és egy iránytűvel, amellyel áthaladunk a mező erővonalain. Elég megérteni, hogy a mágnes tűje "érintőlegesen" van elhelyezve a mágneses erővonalakhoz (17a., 17b. és 17c. ábra).



16a, 16b ábra A Föld mágneses terének modellje néhány erővonallal.



17a, 17b, 17c ábra: Iránytűvel a mezővonalakat "megrajzolják" (az iránytű tője mindig érinti a mezővonalakat).

Egy műanyag gömb belsejében papírszalvétába csomagolt mágneset helyezünk. Ez képviseli a Földet. A pólusok közelében vasreszeléket szórunk, amelyek nagyon jól vizualizálják a mágneses erővonalakat ezen a területen.



18. ábra: Mágnes egy műanyag gömb belsejében, mint a Föld mágneses mezejének modellje.



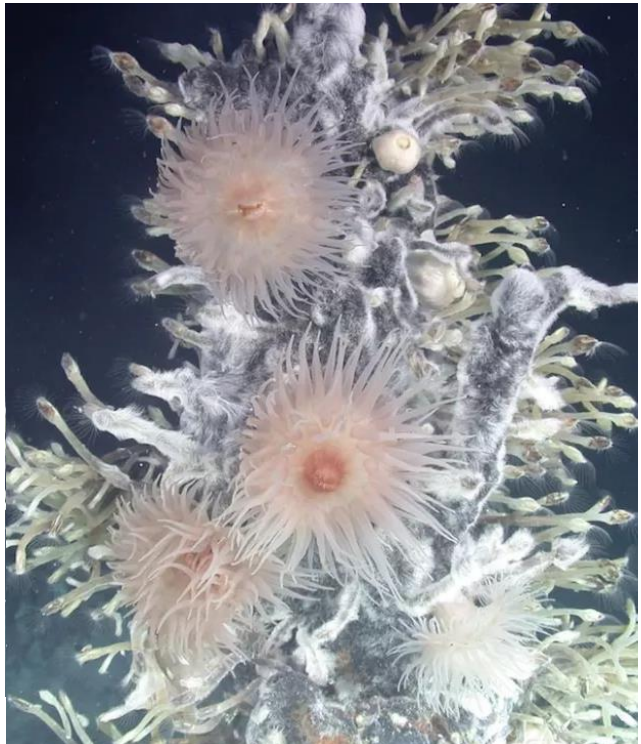
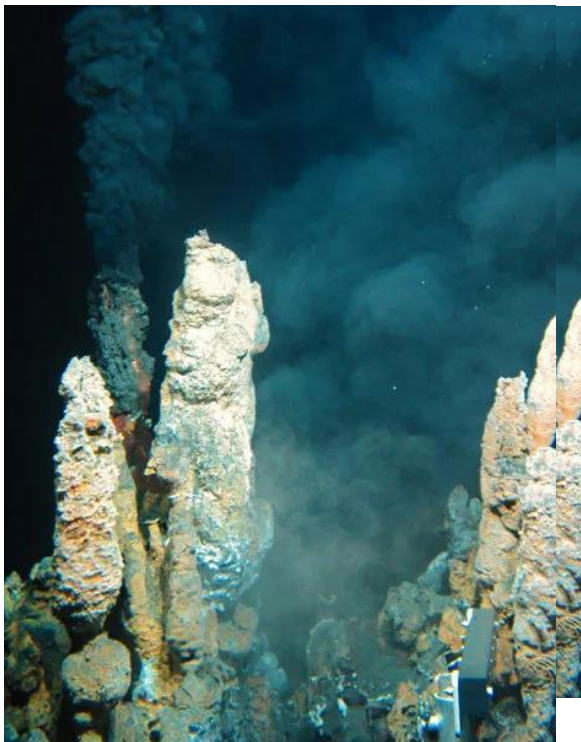
19a és 19b ábra: Vasreszelék esetén a poláris területek mezővonalai jelennek meg. Ezeken a területeken fordul elő aurorák.

Azélet eredete a Földön

Elfogadott, hogy a földi élet eredete több mint 3 milliárd évvel ezelőttre nyúlik vissza, és a legalapvetőbb mikrobáktól az idők során nagy komplexitásig fejlődött. De hogyan fejlődtek ki az első organizmusok az élet egyetlen ismert otthonában az univerzumban?

A tudomány továbbra is bizonytalan és ellentmondásos az élet pontos eredetét illetően, még az élet definícióját is megkérdőjelezzik és átírják. Néhány a földi élet eredetével kapcsolatos számos tudományos elmélet közül, amelyek érvényben vannak:

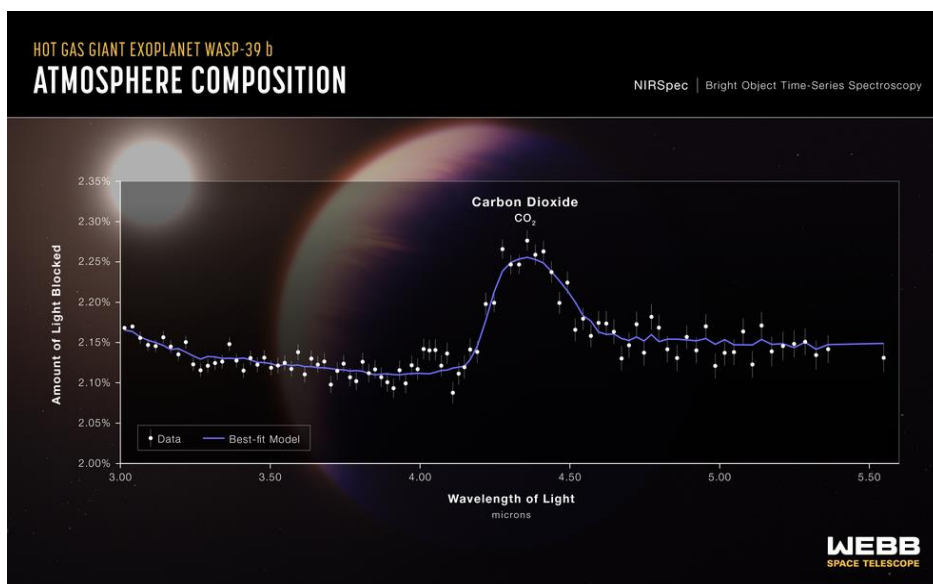
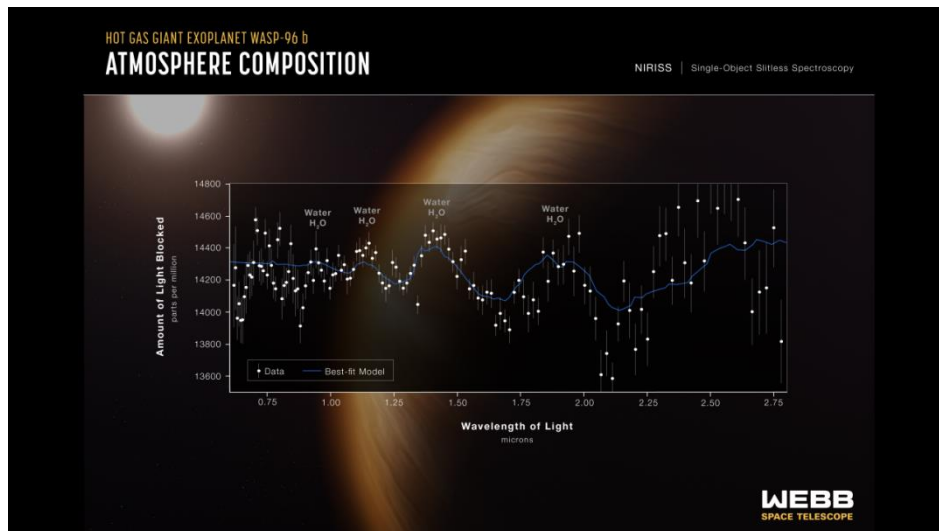
- Az egyik legelfogadottabb elmélet az, amely azt sugallja, hogy az élet hidrotermális kúrtóknél kezdődhetett, amelyek a mély óceánban található, általában eltérő kontinentális lemezekben, és amelyek az élet kulcsfontosságú elemeit, például a szén és a hidrogént bocsátják ki. A kiürített folyadékok lehűlnek, amikor áthaladnak a földkéregben, elnyelve az oldott gázokat és ásványi anyagokat, például a szén és a hidrogént. Ma már tudjuk, hogy ezek a kémiai és hőenergiában gazdag, forró és lúgos kúrtók sokféle fajjal rendelkeznek (20a. és 20b. ábra).



20a. ábra: Az élet hidrotermális kúrtóknél kezdődhetett, ahol a savas tengervíz találkozott a földkéregből származó lúgos folyadékkal (Hitel: Woods Hole Oceanográfiai Intézet). 20b ábra: A kúrtók meleg vizében virágzó korallok (Hitel: NERC ChEso Consortium)

- Lehet, hogy a villám adta az élet megkezdéséhez szükséges szikrát. Az elektromos szikrák aminosavakat és cukrokat hozhatnak létre a vízzel, metánnal, ammóniával és

hidrogénnel töltött légkörből Több millió év alatt nagyobb, összetettebb molekulák alakulhatnak ki. Bár a kutatások azóta kimutatták, hogy a Föld korai légköre valójában hidrogénben szegény, a tudósok azt sugallják, hogy a korai légkör vulkáni felhői metánt, ammóniát és hidrogént, valamint elektromos kisüléseket tartalmazhatnak, az élet első molekuláit agyagban találhatták meg, az agyagban lévő ásványi kristályok szervezett mintákba rendezhették a szerves molekulákat. Ezt az elméletet azonban nem bizonyították kategorikusan (21a és 21b ábra).

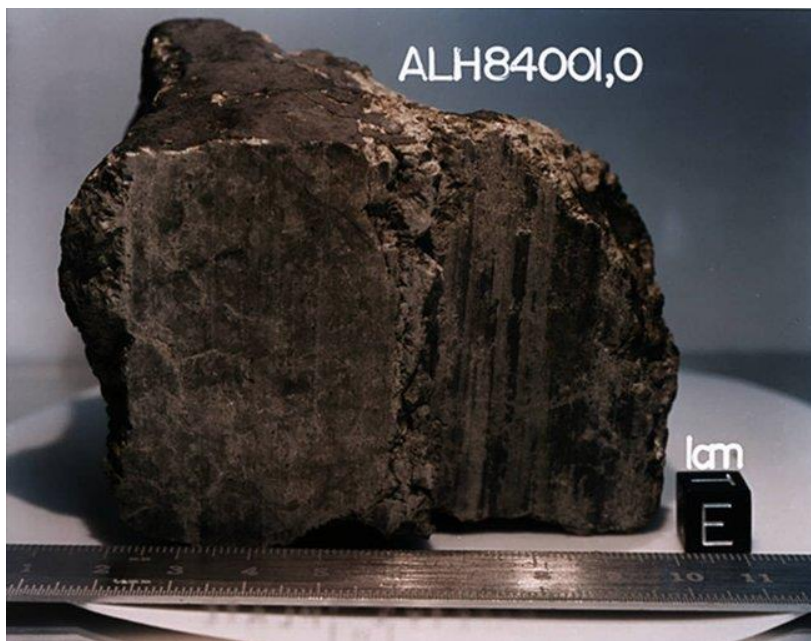


21a. ábra. Az exoplanetáris légkörök spektrumai, amelyeket a James Web Telescope segítségével szereztek be. WASP-96 b (felső) 21b ábra: a vízmolekula jelenléte figyelhető meg; WASP-39 b (alul): a szén-dioxid sávnincs a spektrum közepén. Megjegyezzük, hogy ezek a spektrumok átviteli spektrumok, és a hullámhosszak megfelelnek a közeli infravörös tartománynak, azaz a sávok az elektromágneses spektrum látható tartományán kívül jelennek meg.

- 3 milliárd évvel ezelőtt jég boríthatta az óceánokat és megkönnyíthette az élet születését, mivel a szerves vegyületekről úgy gondolják, hogy alacsony

hőmérsékleten stabilabbak. A jég megvédhette a törékeny szerves vegyületeket az ultraibolya fény és a kozmikus hatások hatásától is. Ma már tudjuk, hogy a fagyott talajban, amelyet permafrostnak neveznek, vannak nyugalmi állapotban lévő életformák.

De azt is meg lehet vitatni, hogy az élet a Földön kívül kezdődik, és az üstökösök, aszteroidák, meteoritok hatásának köszönhetően több millió év alatt sziklák cseréjével érkezett volna a pánspermiának nevezett elmélet keretein belül. A világűr körülményeitől védve a mikrobák túlélhetik a sziklákba szorulva, de a kérdést nagyon komolyan kell venni, mert az is lehetséges, hogy a Föld elérésekor a földönkívüli anyag szennyeződik a bolygón már létező étellel, amint az a híres ALH 84001 meteorit esetében történt (22. ábra), amelyre a legújabb kutatások, A NASA asztrobiológiai programja által finanszírozott anyag azt mutatja, hogy a benne lévő szerves anyag nem biológiai, hanem a víz és a kőzet közötti geokémiai kölcsönhatások során alakult ki.



Ábra 22. ALH 84001 meteorit: a Marsról érkezett, főszereplője volt a bolygóról érkező élet korai bejelentésének. Ma már tudjuk, hogy a szerves anyagként kimutatottak nincs biológiai eredete.

Azonban még ha a pánspermiia igaz is lenne, az a kérdés, hogy hogyan kezdődött az élet a Földön, csak úgy változna, mint az élet máshol az Univeren.

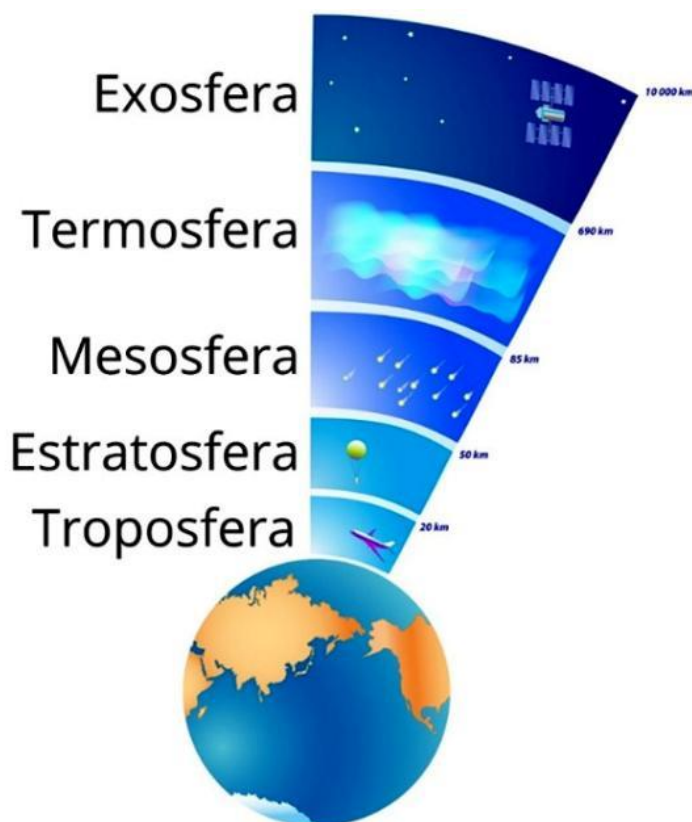
A szélsőséges környezetek feltárása a Földön számos olyan élőhely felfedezéséhez vezetett, amelyeket csak néhány évvel ezelőtt lakhatatlannak tartottak. A szélsőséges környezetek sokfélesége és ökológiája iránti érdeklődés több okból is nőtt, nemcsak az extremofilek és összetevőik biotechnológiai folyamatokban (például biobányászatban, bio-remediációban) való potenciális felhasználása miatt, hanem az élet létezésének korlátainak keresése miatt is.

Az első élő fajoknak egyszerű életformáknak kellett lenniük, amelyek kapcsolatként szolgáltak az első organizmus (például baktériumok) és az általunk ismert élet között.

Mint köztudott, nem lehet egyszerűen összerakni néhány kémiai elemet egy kémcsőben, és elvárni, hogy egy új típusú élet spontán jelenjen meg. Az élet eredete olyan esemény, amely több millió évig tart, de ha egyszer elkezdődik, az élet exponenciálisan szaporodhat, és alkalmazkodhat a bolygó olyan területeihez, amelyek nagyon különbözhetnek attól, ahonnan származik.

Mikrometeoritok

A Naprendszerből származó szilárd anyag alkotta a holdakat és a bolygókat. Ez a felhalmozódás még nem ért véget, és körülbelül 5 tonna anyag az űrből még mindig esik a Földre. Ezek a meteorok nagy sebességgel, nehézség nélkül haladnak át az exoszférán és a termoszférán, mivel ezek a rétegek nem túl sűrűek. De amikor elérik a mezoszférát, a sűrűség nagyobb, és nagy súrlódás van, amely megolvashatja az anyagot. A sztratoszférában és a troposzférában történő hűtéskor a végén gömb alakúak, néha barázdákkal, néha kis buborékhátással, gyors megszilárdulással.



23. ábra A légkör rétegei (Hitel: Lifeder)

Tevékenység 5: Gömb alakú mikrometeoritok szimulációja.

Töltsön meg egy magas, hengeres átlátszó tartályt napraforgóolajjal oszlopként. Egy fecskendő segítségével (24a és 24b ábra) néhány csepp vizet vagy kólát csepegtetünk (mert színe jobban néz ki). A víz vagy üdítőital kezdeti fizikai állapota azonnal kis gömböket képez, amelyek lassan leesnek az olajoszlopon.



24 a ábra: Csepegtetés fecskendővel, 24b ábra: Oszlop, ahol a gömbök képződnek.

Tevékenység 6: Mikrometeoritok keresése

Mikrometeoritok nyerhetők a háztetőkön, utakon stb. Folyamatosan lerakódó anyagból. Amikor esik az eső, a víz átmossa őket a tetők vízlevezető csatornáin és az utcák vagy útvonalak árkaiban. Egy papírlapra gyűjtik, ecsettel egy kis homokot ezekről a helyekről.



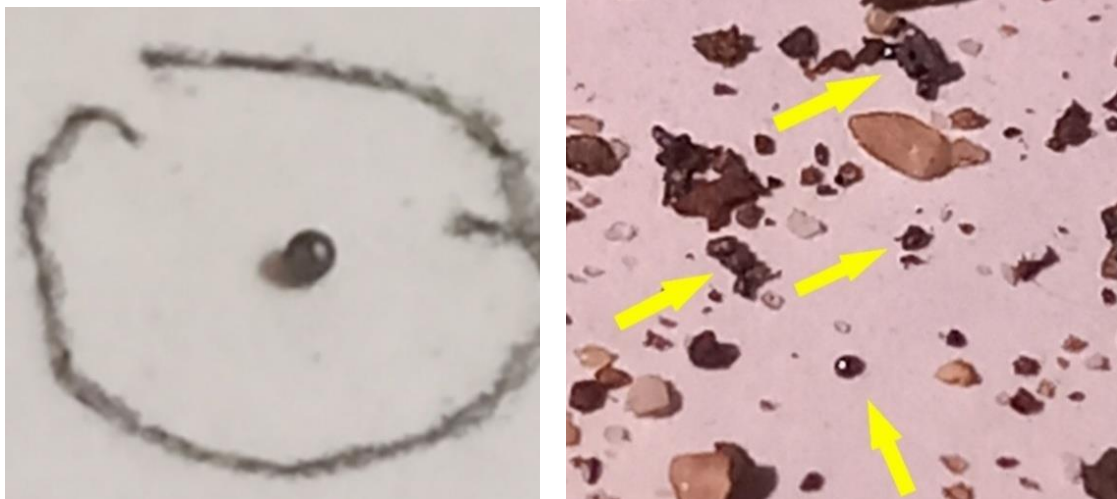
25a. ábra: Aközútonszemcsés árkok vagy ereszcatornák találhatók, ahol meteoritokat találhatunk. 25b. ábra: Ezt a szemcséket papírral gyűjtjük össze, hogy elemezhessük.

Ezután egy mágneset vezetnek át a papírlap alá az anyaggal: jól látható, hogy a vastartalmú anyag apró részecskéi vonzódnak a mágneshez (26. ábra). A mágnes elválasztása nélkül fordítsa meg a papírt, és az összes homok leesik, kivéve azokat a finom sötét részecskéket, amelyeket a mágnes mágneses mezője vonz. Fordítsa meg a papírt, és távolítsa el a mágneset. Lehet, hogy ott mikrometeoritok vannak.



26a és 26b ábra: A mágneset a papírlap alatt átvezetve húzzuk a ferromágneses anyagot

Ha a mintát a mobiltelefon kamerájával maximális zoommal nézzük, a mikrometeoritok szemcséi gömb alakúak, mint a kis golyók.



27a. ábra: Egyetlen izolált mikrometeorit fényképe mobil kamerával, 27b. ábra: Fénykép több mikrometeorittal ugyanazzal a kamerával;

Egyszerű "csapdákat" is építhet. Ehhez a következő elemekre van szükség: konyhatálca és átlátszó celofán papír (konyhai filmpapír). Fedjük le a tálcát a celofánpapírral úgy, hogy összehajtjuk a széleit, vagy aláragasztjuk a celofánt, hogy megakadályozzuk a repülést (28a., 28b. és 28c. ábra).



28a. ábra: Tálca, celofán papír és szalag ragasztáshoz, 28b ábra: A celofán papír ragasztása a tálca hátuljára, 28c ábra: Mikrometeorit "csapda" a kertben.

Helyezze a tálcat kissé távolabb a talajtól, hogy a környező por vagy állatok ne szennyezzék a mintát (28c. ábra) olyan helyre, ahol nincs nagy szél, és ahol semmi sem takarja az eget. Hagyja ezt a létesítményt a szabadban legalább egy hétig. A papír "piszkosnak" tűnik. A hét végén mozgassa az összes felhalmozott anyagot egy papírlapra. A mágneset átvezetik alatta, és elemzik a telefon kamerájával.

Lehetőség van egyéni csapdák készítésére is minden hallgató számára. Szüksége van egy papírpohárra, egy kötélre, hogy megkösse, és egy kis mágnesre.



29a és 29b ábra: Az üveget egy cérnával és egy kis mágnessel van összekötve. 29c. ábra: Az üveget használó diák keresi a mikrometeoritokat.

A csapda elkészítéséhez minden diák számára összekötjük az üveget egy szárral, és egy kis mágneset helyezünk az üveg belsejébe. A diákok a mágneses csészékkel mozognak az iskola udvarán. Ezután eltávolítják a mágneset, és ha vasrészecskék (mikrometeoritok) vannak, akkor a fehér papírlapra esnek. A diákok telefonjuk kameráival figyelik, hogy mikrometeoritokat találjanak, apró gömbökként azonosítva őket.

Az extremofilek osztályozása

Az extremofil olyan szervezet, gyakran mikroorganizmus, amely szélsőséges körülmények között él, vagyis olyan körülmények között, amelyek nagyon különböznek a legtöbb földi életforma által tapasztaltaktól.

Egészen a közelmúltig úgy gondolták, hogy azokon a helyeken, ahol ma már tudjuk, hogy az extremofilek nőnek, lehetetlen az élet létezése. Például az Antarktisz rendkívül hideg területein, a Rio Tinto erősen savas és fémekben gazdag vizeiben, vagy az Atacama rendkívül száraz és nehézfémes sivatagában. De kimutatták, hogy vannak olyan szervezetek, amelyek ezeken a területeken élnek.

A NASA és az ESA asztrobiológusai a földön (Antarktisz, Atacama-sivatag, Ríotinto bányák stb.) tanulmányozzák az élet fejlődését vagy alkalmazkodását, hogy megértsék, hogyan keletkezett.

Az Antarktisz nagyrészt hideg és elhagyatott, azonban a tudósok számos csoportjának sikerült nagy mennyiségű életet találnia a felszín alatt. Találtak extremofil mikrobákat, amelyek 36 m mélységben élnek $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten sós vízben (amely nem fagy meg a só magas koncentrációja miatt), egy másik csoport 800 m mélységben egy teljes ökoszisztémát talált fény nélkül (30. ábra).



30. ábra: Különböző tudományos csoportok extremofileket találnak az Antarktisz felszíne alatt

Egyes extremofilek víz hiányában élnek, vagy képesek ellenállni a kiszáradásnak, ha nagyon kevéssel élnek. Mint az Atacama-sivatag talaj mikrobái.

Van egy nagyon látványos jelenség: a virágos sivatag. Ez a világ legszárazabb sivatagja, azokban az években, amikor a szokásosnál több csapadék van, majd egy hidegfront jelenik meg nagyszámú és sokféle virág (legfeljebb 14 fajta), amely néhány hónapig marad.

Riotinto bányászati területét az i. e. első század óta a Római Birodalom aknáztta ki, és a mai helyzet, több száz éves külszíni bányászat után, ahol nehéz ásványokat termeltek ki, nagy érdeklődésre tart számot a szélsőséges körülmények közötti élet tanulmányozása szempontjából.



31. ábra: Fénykép 2022 augusztusából Több év szárazság után az utolsó évek 2015 és 2017 voltak

Más extremofilek magas savasságú és magas fémkoncentrációjú környezetben fejlődnek ki (vas, réz, kadmium, arzén, cink, ólom). Ebben a folyóban a reakciókat acidofil baktériumok katalizálják, így ha a savasság csökken, a baktériumok populációja szaporodik, ami több szulfid-oxidációt és több savasságot eredményez egy olyan folyamatban, amely visszatáplál. A terület lakói tudják, hogy mennyi eső lesz a folyó színének változása miatt (a baktériumok több savasságot generálnak, hogy fenntartsák a pH-t a folyó áradása során).



32. ábra: A Rio Tinto vörös vize, ahol acidofil baktériumok élnek.



33. ábra: Az *Erica andevalensis* széles körben elterjedt az egész területen, gyökerei savas talajban és nagyon kevés tápanyaggal

Az *Erica Andevalencis* vagy a "bányászati heather" cserjék kiterjedt területei vannak elosztva a folyómeder mentén. Ezeknek a növényeknek a gyökerei nagyon savas talajokban vannak, kevés tápanyaggal. Még néhány növény is nő a folyó partján, gyökereik részben savas vízbe és magas réz- és ólomkoncentrációjú talajba merülnek.

Az űrkutatás asztrobiológusok munkáját igényli olyan szélsőséges területeken, mint az Antarktisz, az Atacama-sivatag vagy a Ríotinto bányák. Az extremofilek felfedezésére szolgáló

számos protokoll első lépése a DNS-extrakció folyamata, ezért ezt a tevékenységet az alábbiakban végezzük.

Tevékenység 7: DNS-extrakció

Miután megfigyelték, hogy nagyon szélsőséges körülmények között is van élet, úgy döntöttek, hogy DNS-tesztet végeznek, ha ki akarják mutatni az élet létezését. A DNS maradványai lehetővé teszik az élet (jelenlegi vagy múltbeli) létezésének kimutatását, és ezt használják az élet keresésére az űrben.

A DNS-molekula nagyon hosszú molekula, és fehérjékkel (mint egy gubanc) tömörül a sejtek belsejében. Így a DNS-maradványok jelenlétének kimutatásához olyan oldatot kell készíteni, amellyel megszakíthatjuk a sejt burkoló membránját.

Példaként folytatjuk az érett paradicsom DNS-ének kivonását, mert nagyon könnyű cseppfolyósítani.

Megoldás a sejt megszakítására

Fél pohár vízben egy teáskanál sót (nátrium-kloridot) feloldunk, hogy felszabadítsuk a fehérjéket, és így felszabadítsuk a DNS-t, amely a só jelenléte miatt fehérnek tűnik. Három teáskanál sütő nátrium, hogy az oldat pH-ja állandó maradjon, és hogy a DNS ne bomlik. Ezután adjon hozzá mosogatógépet, amíg a víz színe meg nem egyezik, hogy megtörje a zsírsejtek membránját. Habzás nélkül kell keverni, hogy jól láthassuk a DNS-t.

Készítse elő a sejtek levét "a paradicsomból"

Kezdjük azzal, hogy két evőkanál paradicsompépet kivonunk, kanállal összetörjük és villával összetörjük, amíg többé-kevésbé folyékony püré nem lesz (34. ábra).

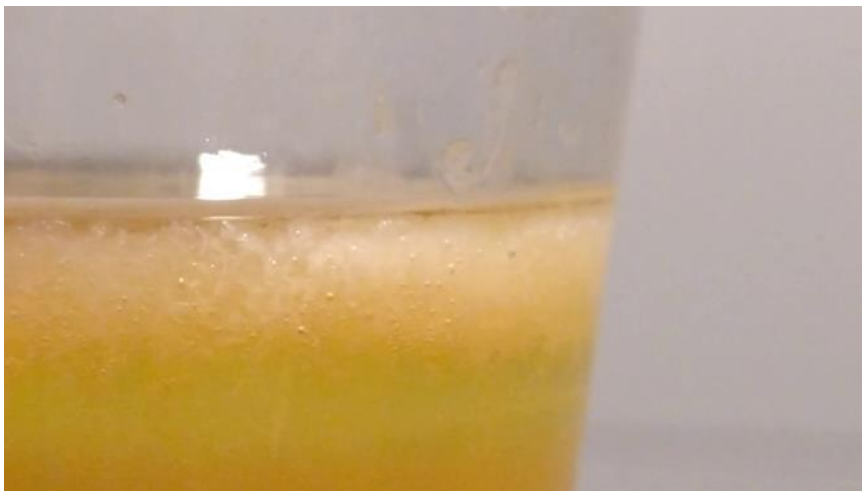


34. ábra: A folyékony paradicsompüré előkészítése, kétszer annyi megszakító oldat öntése a membránokból, a DNS kivonása.

Öntsük a sejtek megszakító oldatát a paradicsompürére. Kétszer annyi oldat, mint a paradicsompüré. A sejtek megtöréséhez rázza fel, ügyelve arra, hogy ne habozzon és ne feszüljön meg a nagy darabok eltávolításához. A sejtek belsejében lévő tartalom a gyümölcslemben van, és itt található a DNS, amelyet ki akarunk vonni.

A DNS láthatóvá tétele

Ha sok DNS-szál van, úgy néz ki, mint egy fehér felhő (a só fehéres színt ad neki). Alkoholt csepegtetünk a pohár gyümölcslé falára, mert azt akarjuk, hogy egy alkoholréteg maradjon a lé tetején anélkül, hogy összekevernénk vele. Három vagy négy perc múlva egy fehér DNS-felhő alakul ki, és összetapad és láthatóvá válik (felmegy). Az alkoholt azért adjuk hozzá, mert a DNS nem oldódik alkoholban, és jól látható DNS-felhő képződik (35. ábra).



35. ábra: A DNS-felhő nagyon jól látható, lebeg a keverék felett

Bibliográfia

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>

- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l'Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
 - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
 - <https://micro-meteorites.com/>
 - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
 - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>