AZ ÉLET EREDETE ÉS FELTÉTELEI
Készítette Vizkievicz András
Electrodes
Spark
(lightning)
Primitive
atmosphere
Gases
Condenser
Probe
Water
(ocean)
Heat source

Az élet eredete és feltételei

Készítette Vizkievicz András

Fizikai és kémiai evolúció

Az evolúció fogalma

A **biológiában** evolúciónak, törzsfejlődésnek nevezzük az **élővilág fokozatos és szüntelen történeti fejlődését**. Ugyanakkor az evolúció fogalmát más szinteken is értelmezzük. Tágabb értelemben az evolúció egy lassú, fokozatos, bizonyos irányba haladó változást jelent. Az evolúció jelensége így akár az Univerzum fejlődésében, a társadalmi változásokban vagy a tudományos elméletek alakulásában is megjelenik.

Ennek megfelelően beszélhetünk

- **fizikai evolúcióról**, az anyag fejlődéséről, a **kémiai elemek kialakulásáról**, továbbá
- **kémiai, molekuláris evolúcióról**, azaz a **biológiailag fontos** egyszerűbb, ill. bonyolultabb **vegyületek kialakulásáról**.

A biológiai evolúciót a fizikai és a kémiai evolúció előzte meg.

Fizikai evolúció a kémiai elemek keletkezése

Ma – hiányosságai ellenére - a leginkább elfogadott elképzelés a világegyetem keletkezésére vonatkozóan az **ősrobbanás** (Big Bang) elmélete.

Lényege:

- A világegyetem kb. 13,7 milliárd évvel ezelőtt keletkezett,
- ezt megelőzően az Univerzum összes anyaga és energiája egyetlen végtelen hőmérsékletű és nyomású, rendkívüli sűrűségű pontban koncentrálódott.
- A keletkezés pillanatában az ősanyag robbanásszerűen tágulni kezdett.

A hidrogén kivételével – mely az ősrobbanást követően jött létre - a kémiai elemek **magfúziós folyamatok** eredményeképpen keletkeztek a különböző méretű, ill. hőmérsékletű csillagok belsejében.

- **Az ősrobbanást követő elemképződés Li-ig jutott el,**
- **a csillagok belsejében uralkodó viszonyok a vasig terjedő elemek képződéséhez vezetnek,**
- **az ennél nehezebb elemek viszont csak ún. szupernóva-robbanás hőmérsékleti és nyomásviszonyai között jöhetnek létre.**

Video

https://drive.google.com/file/d/1C9eAYyUbIJbK5AkNEQUND6l6gHP2Z5lK/view?usp=sharing

A légkör kialakulása, az őslégkör

A földi légkör a földtörténet során jelentős változásokon ment keresztül.

1. Elsődleges anaerob őslégkör

A Föld **legelső,** ún. **őslégköre** jelentősen különbözött a mai légkör összetételétől, legfőképpen **CO_2, N_2, H_2, SO_2, vízgőz, NH_3, HCN, CH_4, H_2S** gázokat tartalmazott.

A földtörténet e kezdeti szakaszában a **szén-dioxid mennyisége jelentősen meghaladta a jelenlegi értéket** (egyesek a jelenlegi tízszeresének becsülik). Ezzel szemben a légkör **oxigéntartalma igen csekély volt**.

A szén-dioxid koncentráció csökkenésének két alapvető oka van:

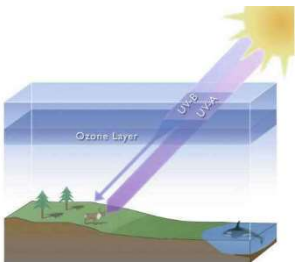
1. az ősóceánok kialakulásával a szén-dioxid jelentős része **elnyelődött, a vízben** kicsapódva **karbonátos kőzeteket hozott létre.**
2. A **fotoszintézis** megjelenésével az élőlények a levegőből szén-dioxidot vettek fel.

Az oxigén-tartalmú légkör kialakulása

Az O_2 két forrása:

1. **Kezdetekben UV sugárzás hatására a víz bontásából származott.**
2. Majd körülbelül 2,7-3 milliárd éve, a tömegesen elterjedő ősi kékbaktériumok juttattak jelentős mennyiségű oxigént fotoszintézisükkel a légkörbe.

Az ózon kialakulásának jelentősége



Az ózon (**O_3**) egy három oxigénatomból álló **instabil** molekula, mely a légköri oxigénből (O_2) jön létre a Nap UV sugárzásának köszönhetően. Ma az ózon a légkör **20-30 km magasságában** köpenyszerűen veszi körül a Földet, **hőmérséklete eléri a 60 Celsius-fokot.**

A földi élet számára rendkívül fontos, mert **kiszűri az UV sugarak legnagyobb részét**. (Ultraibolya sugárzásnak nevezzük a 100 nanométer (nm) és 400 nm hullámhosszúság közé eső **nagyenergiájú** sugárzásokat.)

Kémiai evolúció

A kémiai evolúció az a folyamat, amelyben a biológiailag jelentős szerves anyagok létrejöttek. Az élet keletkezésére nézve többféle elképzelés ismert.

Pánspermia hipotézis

Eszerint az **élet nem a Földön keletkezett**, hanem **valahol a Földön kívül** és egy kisbolygó vagy **meteorit útján került a Földre.**

Szerves vegyületek nem csak a Földön találhatók, felfedezhetők a csillagközi porfelhőkben, a meteoritokban és az üstökösökben is.

A Földön megtalálható kráterek tanúskodnak arról, hogy az **ősi Föld ki volt téve heves meteorzápornak**, melynek során jelentős mennyiségű szerves anyag kerülhetett a Földre.

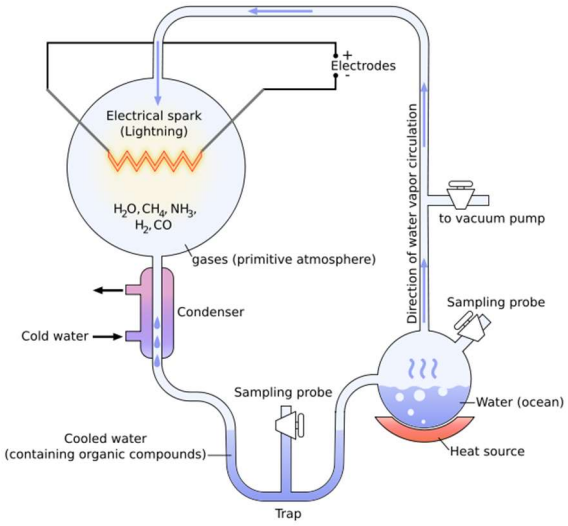
Ősleves elmélet – szerves vegyületek abiogén képződése

A szerves vegyületek megjelenésére vonatkozó másik – kísérlettel bizonyított - elmélet szerint az **oxigénmentes őslégkörben villámlás és UV-sugárzás hatására egyszerű szerves molekulák jelenhettek meg**, melyek bemosódtak az ősóceánba. Ezt a folyamatot nevezzük **abiotikus szerves anyag képződésnek** (Stanley Miller és Harold Urey).

Az **elmélet bizonyítását Stanley Miller végezte 1953**-ban.

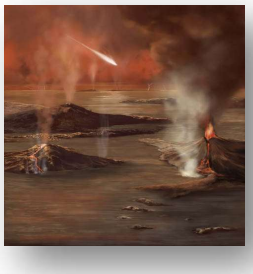
A kísérleti berendezésben

- **H_2O, CO, CO_2, CH_4, NH_3**, és **H_2 reagált egymással** gáz formában.
- A gázokat egy olyan térbe vezették, ahová **elektródák** nyúltak be.
- Az elektródokon keresztül **szikrákat** vezettek a térbe, ami a korai Föld idején gyakori **villámlásokat modellezte**.
- Az eszköz elrendezése szimulálta a víz körforgását.



HCHO	formaldehyde
HCOOH	formic acid
HCN	hydrogen cyanide
CH_3COOH	acetic acid
NH_2CH_2COOH	glycine
$CH_3CH(OH)COOH$	lactic acid
$NH_2CH(CH_3)COOH$	alanine
$NH(CH_3)-CH_2COOH$	sarcosine
$NH_2-C(=O)-NH_2$	urea
$NH_2CH(CH_2COOH)COOH$	aspartic acid

A lecsapódott vízből elvégezték a vegyelemzést. Azt találták, hogy a **szén 10–15 %-a alakult át szerves vegyületté.** Ezeket az egyszerű szerves molekulákat a mindennapos **zivatarok belemosták az ősóceánba**, ahol mennyiségük egyre gyarapodott (**ősleves**).



A következő kérdés az volt, hogy az **egyszerű szerves monomerek hogyan kapcsolódtak össze bonyolultabb makromolekulákká**.

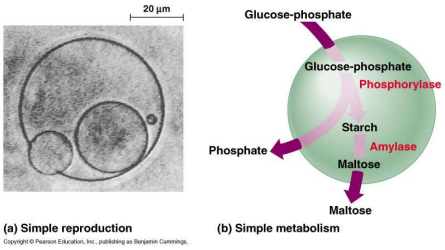
A **vaskén világnak**, avagy "**prebiotikus pizzának**" nevezett elmélet szerint **egyes ásványi felszínek – agyagásványok - megkötni képesek bizonyos molekulákat és katalizátorként segítik összekapcsolódásukat**, aminek következtében egyszerűbb **nukleinsavak, polipeptidek, szénhidrátok keletkezhettek.**

A **következő probléma** a létrejött szerves vegyületek további **makromolekuláris rendszerekké szerveződése.**

Az **óriásmolekulák** – fehérjék, poliszacharidok - vizes közegben képesek spontán **nagyobb cseppekké állnak össze**. Az így kialakuló makromolekuláris rendszereket **koacervátumoknak** nevezzük.

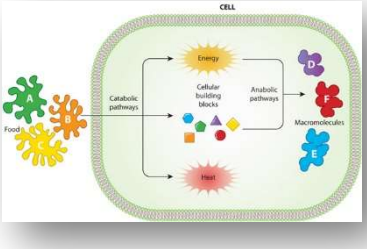
Sejtekből származó fehérjékből álló koacervátumokhoz glükózt és enzimet adva a **mikrogömbök keményítőt állítottak** elő, a cseppek növekedve több részre váltak szét.

Sajátos állapotú anyagrendszer jött létre, amely az életjelenségek előfutáraként fogható fel.



Élőlényeknek tekinthetjük-e a koacervátumokat?

Az élőlények **életjelenségeket** mutatnak. Életjelenségeken olyan **folyamatokat** értünk, amelyek **csak az élő szervezetekre jellemzőek**. Ezek teszik lehetővé a változó környezetben az élőlények életben maradását és a környezethez való alkalmazkodását.



A legfontosabb életjelenségek

- Az **anyagcsere**, melynek során az **élőlények a környezetből anyagokat és energiát vesznek fel, amiket beépítenek, ill. átalakítanak**. A felvett anyagok, ill. az egyes saját vegyületeik lebontásakor felszabaduló energia felhasználódik az életműködések fenntartására. Ezzel párhuzamosan történik a felesleges bomlástermékek leadása.

- **Egyediség, viszonylagos elhatárolódás**, ami nem elszigetelődést jelent, hiszen az élőrendszerek a környezetükkel állandó anyag és energiaforgalmat bonyolítanak le, azaz **nyílt anyagi rendszerek**.

- **Homeosztázis,** amely a **belső környezet szabályozott állandósága**. A homeosztázis a szervezet egységes működésének – **belső egység** - az eredménye, melyet a **szabályozás tesz elehetővé**.

- **Szabályozottság,** vagyis a **változó külső és belső körülményekhez** az élő szervezetek működésük rugalmas megváltoztatásával **képesek alkalmazkodni**. A szabályozás alapja az ingerlékenység.

- Az **ingerlékenység**, melynek során az élőlények a környezetükből **különféle ingereket fognak fel, melyekre működésük megváltoztatásával reagálnak**.

- A **mozgás.**
- A **szaporodás.**
- A **növekedés.**

- **Az öröklődés és az öröklődő változékonyság.** Az **öröklődés során a szülői tulajdonságok tovább adódnak az utódokba**.
  Az **öröklődő változékonyság** azt jelenti, hogy az **öröklött tulajdonságok nem állandók, nemzedékről-nemzedékre változhatnak**, ez lehetővé teszi, hogy az utódok tulajdonságai némileg eltérjenek a szülőkétől. Az élőlények változatossága azt eredményezi, hogy az egyes egyedeknek különbözők az esélyei az életben maradásra és a szaporodásra. **Az élőlények változatossága teremti meg az alapját az élővilág törzsfejlődésének, az evolúciónak**.

- **Halandóság,** mivel csak az élő képes meghalni.

A koacervátumok működése **több ponton hasonló az élőrendszerek működéséhez**:

- **anyagcserét folytatnak, anyagokat vesznek föl, ill. adnak le, nyílt rendszerként működnek, növekednek, szaporodnak.**

Ugyanakkor **még nem tekinthetők élőlényeknek**, mivel:

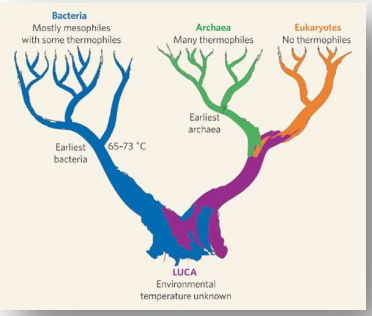
- **nincsenek öröklődő tulajdonságaik, nem tartanak fenn homeosztázist, nem alkalmazkodnak, nem ingerlékenyek stb.**

A **koacervátum cseppek spontán képződhetnek a megfelelő körülmények között**, de összességükben az élő rendszereknél sokkalta egyszerűbbek.

A biológiai evolúció kezdete, az élet kialakulása

Az **első életformák** legrégebbi fosszilis **geológiai maradványai a sztromatolitok, kb. 3,4 milliárd évesek**. A sztromatolitok réteges, párnaszerű üledékes kőzetek, amelyek egyes **ősi kékbaktériumok** sejtjei körüli mészkiválás eredményeképpen jöttek létre.

Ezek Földünk legrégibb ismert élőlényei, bár valószínűleg ezt megelőzően, akár már **4 milliárd** éve **megjelenhetett az élet a Földön**.



Tehát kb. **3,5 milliárd évnél korábban, de kb. 4,3 milliárd évnél később** létrejöttek a ma ismert **élővilág legelső képviselői**. Ezek ősi formáját **utolsó egyetemes közös ősnek** (Last Universal Common Ancestor, **LUCA**) nevezik. A feltételezett LUCA a törzsfa legalján foglal helyet, minden ma ismert élőlény tőle származtatható.

Az első sejtek anaerob, heterotróf, prokarióta ősbaktériumok lehettek, általuk felhasznált szerves vegyületek **abiotikusan** keletkeztek az ősi Földön.

Ősbaktériumok ma is élnek a Földön szélsőséges körülmények között.

- A **termofilek** viszonylag magas hőmérsékletű, 80 °C-nál melegebb helyeken, gejzírekben, óceán fenekén található hőforrásokban is képesek élni és szaporodni.
- A **halofilek** rendkívül sós, savas vagy lúgos vizekben találhatóak meg (Holt-tenger).
- A **metanogének** a **kérődzők bendőjében**, illetve a termeszek emésztőcsatornájában, **anaerob környezetben** végzik feladatukat.

Az **ősbaktériumok evolúciós jelentőségét** az adja, hogy a fehérjeszintézisük hasonlósága, ill. a genetikai anyaguk átírási módja alapján legújabban az **eukarioták ősi ágának tekintik.**

Az ősbaktériumok törzsfejlődéstanilag tehát sok tekintetben **közelebb állnak az eukariotákhoz, mint a valódi baktériumokhoz** (lásd fenti ábra).

Az őslevesben a szerves anyagok mennyisége a heterotróf táplálkozás miatt egyre fogyott.

Az **első válság** akkor következett be, amikor a **környezetből elfogytak** az energiaszolgáltató **szerves vegyületek**. Emiatt **azok a sejtek jutottak előnyhöz, amelyek a légkör CO_2-ját, mint szénforrást hasznosítani tudták (autotróf szervezetek).** A környezetben **CO_2 nagy mennyiségben volt jelen**, de a hasznosításához energiára volt szükség. A sejtek a CO_2 hasznosításához az **energiát fényből nyerték** (**fotoszintézis**).

Az **oxigéntermelő fotoszintézis megjelenése kb. 3,5 milliárd évvel ezelőttre tehető** és **ősi kékbaktériumokhoz** köthető (maradványaik a sztromatolitok).

$$6CO_2 + 6\,H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Mivel az élet O_2 mentes, anaerob környezetben alakult ki, és a termelődő **oxigén** nagyon reaktív, ezért **mérgező hatású volt az első anaerob élőlényekre** (**O_2 válság**).

Az oxigén jelentősebb kb. 2,5 milliárd éve - az anaerob sejtek az alábbi lehetőségek közül választhattak:

- **olyan anaerob környezetbe bújtak, ahol nem volt oxigén (pl. mélytengerek),**
- **kifejlesztettek egy enzimes védekező mechanizmust az O_2 károsító hatásával szemben és kialakultak az aerob baktériumok.**

Az **O_2-nek pozitív hatásai is voltak** az élet földi fejlődésére:

- Az O_2-es légkör felső határán kialakult az **ózonréteg,** amely részben elnyelte a Nap roncsoló UV sugarainak egy jelentős részét.
- Az O_2 lehetővé teszi az **szerves molekulák** CO_2-á és H_2O-é történő sokkal **teljesebb elégetését**, aminek eredményeként sokkal több energia szabadul fel. Kialakult a **biológiai oxidáció (légzés).**

A prokarióták mintegy 2 milliárd éven keresztül egyedül uralták a Földet. **1,5-2 milliárd évvel ezelőtt** az ősi prokarióták egy csoportjából **kialakultak az eukarióták**. Az eukarióta sejtek létrejöttét az **endoszimbióta elmélettel** magyarázzák.

Video

https://drive.google.com/file/d/1QeogmRZBuKtQ3ULjKP7NktnfMtsZffwt/view?usp=sharing

Létezik-e Földön kívüli élet?

Video

https://drive.google.com/file/d/1ivVVuK-dLAnfJrJ51c9vl2rBOJJbGyrQ/view?usp=sharing

Jelenlegi elképzelés szerint az Univerzumban 100 milliárd galaxis van, s bennük egyenként átlagosan 100 milliárd csillag. Mivel minden csillag körül minimum 1 bolygó kering, ezért alsó hangon 100 milliárd x 100 milliárd bolygó létezik az világegyetemben. **Tehát nem kérdés, hogy van-e Földön kívüli élet.**

A Földön kívüli élet kutatásával az **asztrobiológia** tudománya foglalkozik. Az asztrobiológia egyik alapproblémája, hogy egyáltalán mi az „élet", és miket tekinthetünk élőlényeknek. A probléma igen összetett, a Földön kívüli élet kutatásakor a következő szempontokat kell mérlegelni.

Egyik esetben abból indulnak ki, hogy máshol az élet hasonló feltételek között jött létre, mint a Földön, tehát a **földi élet jellemzőit kutatják**.

- Ennek megfelelően **az élet** – ahogyan az földi körülmények között is látható – biztosan **erősen befolyásolja a környezetét**. Évmilliók alatt mikroszkopikus tevékenységek is geológiai méretű nyomokat hagyhatnak pl. az elpusztult egykori tengeri mikroszervezetek testvázaiból lett mészkőhegységek. Tehát ha „életet" keresünk, egyszerűen olyan jelek után kell kutatni az égitestek között, melyeknek standard fizikai magyarázata nincs.
- A galaxisunkban található **életformák szén-alapúak kell, hogy legyenek**, mint a Földön.
- **Folyékony víz jelenléte** is elengedhetetlen, hiszen a víz minden földi élet alapja.
- Negyedik szempont a központi **égitesttel, a csillaggal kapcsolatos**.
    - Egy, a mi Napunknál nagyobb csillag életideje kisebb, így nem lenne elég idő az élet kifejlődésére.
    - Míg egy kisebb csillag annyira kevés hőt sugározna, hogy csak a csillaghoz közeli pályán keringhetne a bolygó, annak is a pálya alakjából adódóan egyik oldala rendkívül forró, másik oldala pedig fagyott lenne.
    - A **csillag**, ami körül az életnek teret adó bolygó kering, **legyen Nap-típusú**, több milliárd éves.
    - A **csillagnak legyen bolygórendszere**, vagyis a lakhatósági zónában keringő bolygón kívül **legyenek üstökösök és kisbolygók** is a rendszerben, mivel ezek az égitestek képesek **vizet szállítani a bolygóra**.

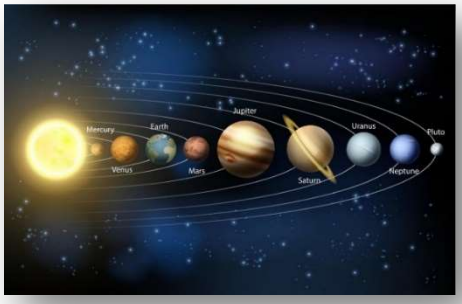
Tehát **minden csillaghoz rendelhető egy méret és egy távolság**, aminek megfelelően a keringő bolygó optimális körülményekkel rendelkezne az élet kialakulásához. E sávot **élet-zónának** is nevezik.

A következő feltételek a bolygókkal kapcsolatosak.

- A bolygó legyen megfelelő méretű, sűrűségű, anyagú és **rendelkezzen** részben **szilárd felszínnel**, valamint **legyen rajta folyékony víz.**
- A bolygónak legyen **aktív magja**, mely **mágneses teret indukál.**
- Legyen a bolygónak **megfelelő hőmérsékletű, összetételű, áteresztésű, sűrűségű, nyomású légköre** és rendelkezzen ózonpajzzsal is.

A **másik esetben** a **földi élettől eltérő életformák meghatározása egy nagyon nehéz feladat**, mivel jelenleg **csupán egyetlen modell áll a rendelkezésünkre**, és ez a földi élet. A kutatóknak nincs könnyű dolguk, hiszen nem ismert, hogy pontosan mit is kell keresni.

Élet valószínűsége a Naprendszerben



A Föld típusú bolygókon, a **Marson és a Vénuszon a fizikai feltételek egykoron igen hasonlóak lehettek**. Éppen ezért, arra lehet számítani, hogy az élőanyag keletkezéséhez a feltételek ezeken a bolygókon hasonlóak voltak, ha nem is voltak egyformák.

A **Vénusz tömegét és méretét tekintve hasonlít leginkább a Földhöz**. A Vénusz átmérője kb. 95 %-a a Földének, és kémiai összetétele is igen hasonló. A hasonlóság ellenére **kizárható az élet** a Vénuszon, tekintve hogy a **nyomás a földi értéknek kb. 90-szerese, és a felszíni hőmérséklet közelítőleg 450 °C**. Ennek ellenére a Vénusz kutatása asztrobiológiai szempontból érdekes lehet, mivel jelenlegi állapota számottevő hasonlóságot mutat a Föld néhány milliárd évvel ezelőtti állapotával. Így esélyünk lehet kezdetleges életformák, vagy esetleg szélsőségkedvelő élőlények, úgynevezett **archeák** felfedezésére is, ami azért lehet fontos, mert a jelenlegi biológiai kutatások szerint az ilyen életformákból fejlődött ki a ma ismert földi élet is.

A **Mars** átmérőjét tekintve kb. a fele a Földnek, egyenlítőjén a felszíni **gravitáció csak 38 %-a a földinek**. Ennek a gyenge gravitációs térnek a hatására a légkör gázai könnyen elszöknek, ezért a **Marsnak igen ritka a légköre** és a nyomás is kevesebb, mint a földi érték 1%-a. A Mars **felszíni hőmérséklete -125 és 25 °C között ingadozik**.

A Marson az élet kialakulása szempontjából **kedvező felszíni körülmények főleg az első néhány százmillió évben lehettek**. Az **idős vízfolyásnyomok** és az **egykori északi óceán** létezésére utaló jelek alapján ekkor valószínűleg **nagy mennyiségű folyékony víz volt a bolygón**. Ebben az időszakban elméletileg kialakulhatott valamiféle primitív, egysejtű élet a Marson, melyek akár a jelenlegi kedvezőtlenebb körülmények között is képesek voltak fennmaradni.

Video

https://drive.google.com/file/d/1T1bKUMyRAjlpdvWMv0V1Vr1we8_7fwdC/view?usp=sharing

Felhasznált irodalom: Nagy Andrea Az élet kialakulásának kozmikus feltételei