

A LÉGKÖR EREDETE



A Nap és a bolygók: a kozmikus gáz- és porfelhő lokális sűrűsödéséből

Elemek kozmikus gyakorisága: H, He, O, C, Ne, Fe, N, Si, Mg, S, Ar,
Ca, Al, Ni, Na,.....

Gyakoribb vegyületek: CH₄, NH₃, H₂O, HCHO, HCN, H₂S, Si és Fe oxidok,...

Nagybolygók összetétele: megfelel az elemek kozmikus gyakoriságának

Föld-típusú bolygók összetétele: számottevően eltér a nagybolygókétól

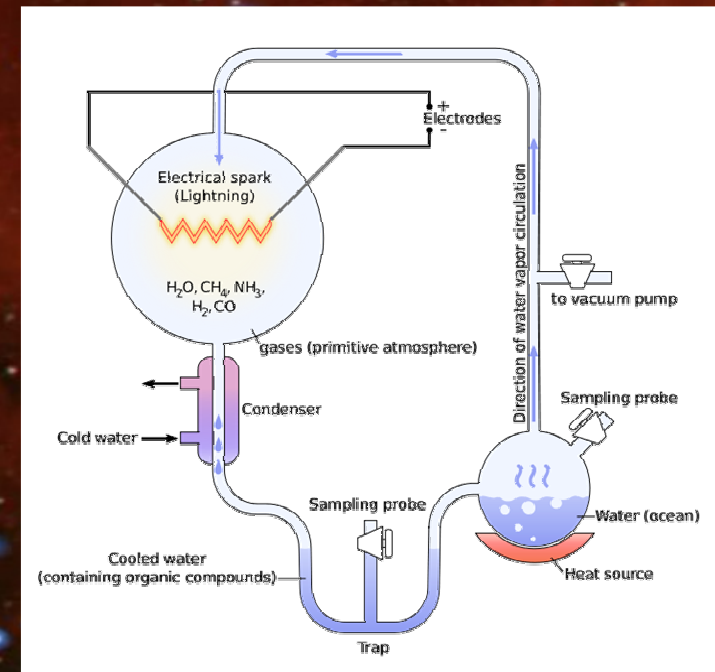
Több hipotézis – biztosat nem tudunk

Hosszú ideig: az ősföld légköre főleg CH_4 -ból és NH_3 -ból állhatott

- megfelel a kozmikus gyakoriságnak
- redukált közetek – redukáló légkör
- alkalmas az élet kialakulására (Oparin-elmélet, Miller-Urey kísérlet)

Oparin-elmélet (1922): az első szerves molekulák a CH_4 , NH_3 , H_2O tartalmú légkörben szintetizálódtak, és az élet az óceánokban („ősleves”) fejlődött ki

Miller-Urey kísérlet (1952): elektromos kisülések a feltételezett őslégkörben, vegyületek oldása vízben → 5 aminosav (ma megismételve: 22)



DE:

CH_4 , NH_3 légkör a Nap közelsége, UV-sugárzása miatt nem stabil, ezek a gázok elbomlanak

1. hipotézis: a Föld kialakulásakor légkör is keletkezett (mint a nagybolygóké), de egy kozmikus katasztrófa során elveszett (Hold-keletkezése??)

2. hipotézis: a Föld kialakulásakor nem képződött légkör a szilárd részek lassú összeállása (kis gravitáció) és a Nap közelsége (napszél) miatt (valószínűbb – több Föld-típusú bolygó van)

Bizonyíték: nemesgázok feltűnő hiánya

A könnyű atomok, molekulák megszökhettek a bolygóról, de a nehezek nem

A Föld légkörében (szilíciumra viszonyítva) 11 nagyságrenddel kevesebb neon, 9 nagyságrenddel kevesebb argon, 7 nagyságrenddel kevesebb kripton és xenon van

Ha volt elsődleges (kozmosz eredetű) légkör, akkor az elveszett

A jelenlegi légkör másodlagos (nem kozmosz eredetű)



A másodlagos légkör kialakulása

gravitációs összehúzódás (\rightarrow hő) + radioaktív bomlás (\rightarrow hő)



kőzetekből felszabaduló gázok (vulkáni tevékenység)

A Föld és a meteoritok nemesgáz-arányai hasonlóak

Mai vulkáni tevékenység alapján: CO_2 , N_2 , CO , H_2S , H_2O ,...

oxigén nem volt, mert a legősibb kőzetek redukáltak

a felszín hűl \rightarrow a vízgőz kondenzálódik \rightarrow óceánok, kontinensek

CO_2 nagy része beoldódik \rightarrow karbonátos kőzetek

Nem tudjuk, hogy milyen volt az őslégkör, mert a legidősebb kőzetek is csak 3,8 milliárd évesek. Ekkor már voltak óceánok, kontinensek és életnyomok

4 milliárd évvel ezelőtt: az élet kialakulásának kezdete

90% N₂ + 10% CO₂, kis mennyiségben H₂O

(nyomnyi O₂, CH₄, NH₃, H₂, HCHO,... kémiai reakciókból – nem elég a Miller-Urey kísérlethez)

Az élet eredete:

Oparin/Miller-Urey nem működik

földönkívüli eredet (Arrhenius: pánspermia-elmélet)

földi eredet (szerves anyagok abiotikus szintézise)

Szerves anyagok szintézise az őslégkörben és az óceánban:

CO₂ + H₂ + UV-sugárzás ⇒ HCHO (formaldehid) -- oldódik

HCHO + N₂ + elektr. kisülések ⇒ HCN (hidrogén-cianid) -- oldódik

óceánban: HCHO + HCN + H₂O ⇒ szerin (aminosav)

2 HCHO + Fe³⁺-katalizátor ⇒ HOCH₂CHO (gliko-aldehid) ⇒
⇒ C₆H₁₂O₆ (cukor - tápanyag)

A szerves anyagok abiotikus szintéziséhez az energiát az elektromos
kisülések (levegő), az UV-sugárzás (levegő, felszíni vizek) és a tenger
alatti hőforrások biztosíthatják

UV-sugárzás roncsolja a szerves molekulákat) \Rightarrow élet a ,mélytengeri
hőforrások környezetében (sok oldott anyag)

Az élet fenntartásához is energia kell!

Kezdetben: fermentáció (szerves molekulák lebontása)

(ma: élesztőgombák, néhány baktérium)

Autotróf szervezetek megjelenése:

szerves anyagok szintézise szervetlenekből

szerves anyag CO_2 -ből és H_2S -ből felszabadított H-ból

(H_2O nem megfelelő H-forrás, mert oxigén szabadul fel, ami oxidálja a szerves anyagokat, a H_2S -ből visszamaradó kén fém-szulfidokat képzett -- kimutatható)

H_2S korlátozottan állt rendelkezésre

3,5 milliárd évvel ezelőtt: az első oxigén-tűrő szervezetek megjelenése

a fejlődést nem korlátozza a redukált anyagok mennyisége

megjelenik a mai értelemben vett fotoszintézis

($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{fény} \rightarrow \text{szerves anyag} + \text{O}_2$)

O_2 kerül a légkörbe

kezdetben a kőzetek oxidálására fordítódik, a légkörben alig van jelen

CO_2 fogy a légkörből

gyengül az üvegházhatás, ellensúlyozza a Nap egyre intenzívebb sugárzását

2 milliárd évvel ezelőtt:

a felszíni kőzetek oxidációjának befejeztével az oxigén-szint intenzívebben kezd növekedni (0,1%)

a légzés megjelenése (O_2 komoly energia-forrás \Rightarrow gyors fejlődés)

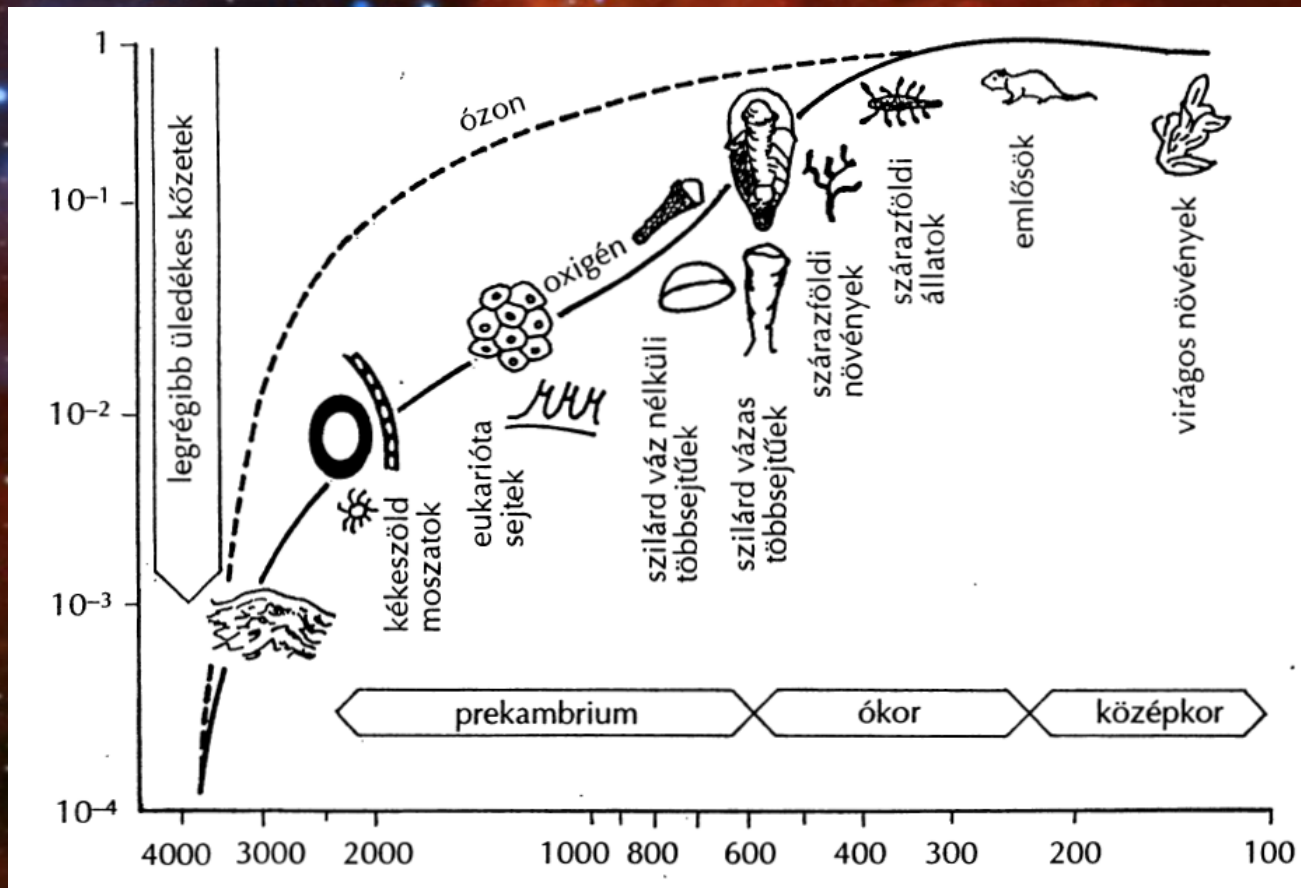
tektonikus mozgások, szilikátos kőzetek karbonátosodása \Rightarrow
 \Rightarrow további CO_2 csökkenés

**A biológiai tevékenységnek köszönhetően
nő a légkör oxigén-tartalma**

Légköri O_2 növekedés \Rightarrow fokozódó ózon-képződés ($O_2 + UV\text{-sugárzás} \rightarrow O_3$ [ózon])

Az ózon elnyeli az UV-sugárzást \Rightarrow az élet megjelenhet a felszíni vizekben majd a szárazföldeken (kb. 500-600 millió évvel ezelőtt)

Az O_2 -mennyiség növekedésével egyre magasabbra kerül a max. O_3 -koncentráció szintje



↓
kialakul a sztratoszféra

kb. 400 millió éve a
mai szint körül
stabil a légkör
oxigén-tartalma

A Föld légköre durván eltér a kémiai egyensúlytól

Az oxigénnek, a nitrogén egy részével az óceánban lenne a helye

DE:

fotoszintézis: oxigén visszajuttatása a légkörbe

denitrifikáció: nitrogén visszajuttatása a légkörbe

Egy bolygó-légkör összetételének eltérése a kémiai egyensúlytól az élet jelenlétét jelezheti!

Kb. 400 millió éve a mai szint körül stabil a légkör oxigén-tartalma

$\tau_{O_2} \sim 5000$ év, lehetnének nagyobb ingadozások is!

Az O_2 -szint növekedésével nő a rendelkezésre álló energia, de gyorsul a szerves anyagokat pusztító oxidáció

- néhány %-kal kevesebb O_2 – kevés a jelenlegi bioszférának
- néhány %-kal több O_2 – mérgezés, tüzek

Az élet csak szűk éghajlati sávban képzelhető el:

cseppfolyós víz, $<30^\circ\text{C}$ hőmérséklet

éghajlatszabályzás -- üvegházgázok (pl. CO_2)

A légkör kémiai stabilitása, az éghajlat stabilitása kulcsfontosságú a bioszféra számára, mert évmilliók kellenek az alkalmazkodáshoz

A bioszféra tartja fenn saját létfeltételeit

?

James Lovelock: GAIA-HIPOTÉZIS (1979, 1995)

A Föld önszabályzó organizmus (*Gaia*). A bioszféra negatív visszacsatolásokkal állítja be, stabilizálja környezetét, hogy létfeltételei fennmaradjanak.

(Gaia a Föld istene a görög mitológiában)

A bioszféra nem csak passzív szenvedő, hanem aktív szabályzó is.

- éghajlatszabályzás (üvegházhatás, aeroszol részecskék)
- O₂-szint szabályzás (+ózon, UV-védelem)
- tengerek sótartalmának szabályzása



Az emberiség alapvetően belezavart a rendszerbe. Mit lép Gaia?



James Lovelock (1919 -)

2007: A 21. század végére az emberiség lélekszáma 500-650 millió főre apad. Döntő többségük a magasabb északi szélességeken él majd.

A vibrant nebula with orange and red clouds and numerous blue stars. The background is a deep black space filled with many small, bright blue stars. A large, glowing orange and red nebula structure is visible, with a bright yellowish-white core in the center. The overall scene is a rich, colorful representation of a star-forming region.

A Föld egységes egész, egyetlen rendszert alkot.