

Az élet eredete

Részletezés 1. fejezet

Bevezetés

Honnan érkezett az élet? Ez a kérdés ősi, ugyanakkor mégis időszerű. A válaszok nemcsak a világról alkotott nézeteinket befolyásolják, hanem életünk értelméről alkotott nézeteinket is, és azt, hogy hogyan látjuk saját magunkat¹. Tény, hogy mivel mi mindannyian érdeklődünk az iránt, hogy kik is vagyunk valójában, lehetséges, hogy ez az egyik legfontosabb kérdés, amelyet valaha is megpróbáltunk megválaszolni.

Az, hogy az élet hogyan keletkezett a Földön, nem csak egy nagyon fontos, hanem az egyik legnehezebben megválaszolható kérdés is egyben. Mivel a tudománynak nem rendelkezik kiküldött megfigyelőkkel, akik az élet keletkezése körüli időszakban a helyszínen állomásoztak volna, a kérdést közvetett módon kell vizsgálni. Ennek eredményeképpen azonban csak valószínű magyarázatok adhatók. Jelen világunkat, és a benne foglalt életet kell alaposan szemügyre vennünk, hogy megtaláljuk a múltbéli történések nyitját. Ezután kell nekünk kifejleszteni és értékelni egy magyarázatot az élet eredetére ezekből a nyomokból, és folyamatosan újra újraértékelni, ahogy egyre több nyomot találunk.

A tudósok manapság különböző magyarázatokat javasolnak, amelyeket a továbbiakban fogunk megvitatni. Az élet eredetének egyik magyarázata az, hogy az első sejt, vagy sejtek az élettelen anyagból fejlődtek ki a kémia törvényeinek megfelelően, amelyeket ma is megfigyelhetünk. Ezt a magyarázatot hívják **kémiai evolúció**-nak, vagy **prebiotikus** (a biológiai élet előtti) evolúciónak. A „kémiai evolúció” elmélete feltételezi, hogy az anyag és az energia valahogyan komplex formákba önszerveződött, külső intelligens segítség nélkül, amely irányította volna a folyamatot. Mi a külső intelligens segítség nélküli önszerveződés folyamatát **spontán keletkezés**-nek hívjuk. A legtöbb formájában az elmélet feltételezi, hogy a nagyon hosszú idő volt szükséges a kémiai kombinációk millióinak a vizsgálatára, amíg az élet számára megfelelő kombináció megtalálódott. Mivel ezt az elméletet tanítják leggyakrabban a középiskolai biológiában, részletesen tanulmányozni fogjuk mi is.

A másik legfontosabb elmélet szerint az élet első formája a földön egy külső erő, vagy intelligencia hatására jelent meg. Ez a teória azt sugallja, hogy az élet egy értelmes tervező által megalkotott terv szerint formálódott ki. Sokan azok közül, akik elfogadják az intelligens tervezettséget, mint legjobb magyarázatot az élet eredetére, azt is hiszik, hogy a megfigyelések, amit természetes folyamatok mutatnak, alkalmatlan arra, hogy magyarázatul szolgáljanak az élet fő típusainak megjelenése számára, mint pl. csigák, kagylók, medúzák, orsóhalak, halak, kétlábúak, hüllők, madarak, és emlősök. Más tervezettség támogatók egyetértenek, de nem utasítják el, hogy ezek a szervezetek korábbi organizmusok terveit használták.

Egy harmadik magyarázat szerint az élet az univerzum egy más tájáról érkezett a földre². Ennek az életformának viszonylag egyszerűnek kellett lennie, és képesnek arra, hogy olyan spóraszerű állapotban utazzon, amely képes ellenállni a külső új zord körülményeinek. Azonban komoly nehézségek vannak ezzel a magyarázattal. Az életformák összes diverzitása ellenére csak néhány, vagy egy sem tudna ellenállni a sugárzásnak, és az extrém magas, vagy alacsony hőmérsékleteknek, amelyekkel az űrben találkozni, olyan hosszú ideig, amely ahhoz szükséges, hogy a naprendszerek között eljusson egyikről a másikra.

Továbbá a csillagok közötti távolság, és a csillagközi űr mérete óriási. Annak a valószínűsége, hogy az egyik csillag környezetéből kiszabadult spórákat egy másik csillag körül keringő bolygó befogja, nagyon kicsi. Azon kívül ez az elmélet csak azt magyarázza meg, hogy az élet hogyan jelent meg a Földön, de nem azt nem, hogy hogyan keletkezett először. Az élet keletkezésének kérdését egyszerűen áthelyezi máshová³. Ebből az okból kifolyólag a továbbiakban nem tárgyaljuk ezt az elméletet.

A fejezet hátralevő részében tanulmányozni fogjuk az eredet két fő magyarázatát – a kémiai evolúciót és az értelmes tervezettséget – a spontán keletkezés ősi formáitól kezdve.

Spontán keletkezés – a tudomány kétszeresen nagy fogása

Eléggé erőltetettnek tűnik számunkra manapság, bár sok száz évvel ezelőtt az emberek azt hitték, hogy az élő szervezetek mindenféle formája hirtelenül keletkezhet, szülők nélkül a koszból, a bomló szerves anyagokból, mint pl. rothadó húsból. Például, a bomló hús szemmel láthatóan állandóan borítva van nyüzsgő legyekkel, látszólag azok a húsból keletkeztek. A mikroszkóp feltalálása után azonban a tudósok megfigyelhették a baktériumokat, és néhányan azt gondolták, hogy azok az élettelen vegyületekből keletkezhetnek, különböző táptalajokból, amelyek sterileknek (élettől menteseknek) tűntek eredetileg. A spontán keletkezés elmélete nem csak néhány új mikroorganizmus keletkezését magyarázta meg látszólag, hanem a földi élet keletkezését is.

Nagyon fontos megjegyeznünk, hogy a spontán keletkezésbe vetett hit a közvetlen – bár rosszul értelmezett – megfigyeléseken és hibás kísérleti technikákon alapult. Francesco Redi és Louis Pasteur bebizonyította, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén a spontán keletkezés nem jön létre. Redi 1668-ban nyüvekkal és rothadó hússal végzett kísérletei kételyeket ébresztettek az emberekben a nagy (makroszkópikus) élőlények spontán keletkezését illetően. Két évszázaddal később, az 1860-as évek elején Pasteur elegáns kísérlete bebizonyította, hogy a „steril” táptalajon a baktériumok és egyéb mikrobák növekedése a levegőből a táptalajba kerülő mikrobiális spórák által okozott fertőzés következménye. Ez annak az elméletnek a halálát jelentette, amely ilyen vagy olyan formában évezredekig uralkodó nézet volt. Ezután a tudósok elvetették az ilyen szervezetek hirtelen megjelenésének magyarázatára a spontán keletkezés hipotézisét.

Pasteur kísérleteit követően az élő sejt – beleértve a baktériumokat is – komplexitásáról megszerzett ismereteink jelentősen gyarapodtak. A sejtbiológiában és a biokémiában a 19. század második felében és a 20. század elején bekövetkezett ugrásszerű fejlődés a további okokat szolgáltatott arra, hogy az élő anyag hirtelen keletkezését elutasítsák. Ebben az időszakban általánosan elfogadott nézet volt, hogy élő csak élőből keletkezhet. Közel minden tudós egyetértett abban, hogy sejtek csak sejtekből lesznek, és még a legegyszerűbb sejt sem keletkezett spontán generáció útján. A spontán keletkezés elmélete meghalt.

Ha az evolúció Darwini elmélete korrekt, akkor az élet komplex formáinak természetes okok következtében kellett kialakulni egyszerűbb őseikből. De hogyan keletkezett az első élet? Ha a spontán keletkezés manapság nem is játszódik le a szemünk láttára, valamikor a múltban legalább egyszer meg kellett történnie, amikor a Föld légköre és környezeti viszonyai még egészen mások voltak. Néhány tudós sohasem adta fel ezt a lehetőséget.

Az idők folyamán egyre erősödött az igény, hogy az élet eredetére természetes magyarázatot találjanak. A 20. század első két dekádjában sokat fejlődött tudásunk a vírusok és az élő szervezet (citoplazma) kémiájának természetére vonatkozóan. Az aminosavak és a sejtek egyszerű építőkövei előállíthatókká váltak a laboratóriumokban, mint ahogy a cukrokat szintetizálták a 19. században. Kifejlődött a kolloidkémia rendkívül fontos tudománya. Kolloidok

azok a részecskék, amelyekből a gélek felépülnek. Sok kolloid részecskéinek mérete azonos a nagyobb sejtek méreteivel. Néhány kolloidot összehasonlítottak a citoplazmával, és hasonló tulajdonságokat találtak. Ezeknek és egyéb más tanulmányoknak köszönhetően a tudósok egyre többet tudtak meg a sejtek kémiai felépítéséről.

Elmélet születik

Az előbbieken vázolt fejlődések alapján az orosz biokémikus A.I. Oparin a spontán keletkezés egy új formáját terjesztette elő. Egy teóriát az élet keletkezéséről. 1924-ben Oparin publikálta elméletét, amelyben arra utalt, hogy az első sejt nagyon fokozatosan alakult ki⁴. (amikor a „spontán” szót halljuk, valami hirtelen, vagy csak egyszer bekövetkezett eseményre gondolunk, pedig a szó egyszerűen azt jelenti, hogy külső intelligens segítség nélkül történt, a szükséges időtartam hosszától függetlenül). Ahogy az élő sejtről a tudósok ismereti finomodtak, felismerték, hogy egy olyan komplex valami kifejlődése, mint a legegyszerűbb sejt, rendkívül hosszú időt vesz igénybe. Oparin szerint a korai Föld atmoszférája merőben különbözött a maitól. Energiaforrások, mint pl. a vulkánok hője, vagy a villámlás, a légkörben előforduló egyszerű szénvegyületeket bonyolult, kolloid formájú vegyületekké alakították át. A korai Föld tengereiben ezek az újonnan keletkezett vegyületek mikroszkopikus csomagokba rendeződtek, a földi első sejt előfutáraként.

Lényegében ugyanezt az elméletet adta be 1928-ban az angol biokémikus J.B.S. Haldane⁵. Azt gondolta, hogy a Nap ultraibolya sugárzása okozta az egyszerű gázok (szén-dioxid, metán, vízgőz és ammónia) átalakulását szerves vegyületekké a Föld primitív atmoszférájában, és amelyek a primitív óceánt forró, hígított „leveszé” változtatták (1.1. ábra).

A levesből fejlődtek ki az első vírus-szerű részecskék, amelyek aztán az első sejtekké evolválódtak. Oparin és Haldane ezzel lefektették a kémiai evolúció elméletének alapjait, amely az utóbbi évek sok módosítása ellenére is „*Oparin elmélet*”-ként, vagy „*Oparin-Haldane elmélet*”-ként ismert. Vizsgáljuk meg részletesebben. Figyeljük meg alaposan azokat a feltevéseket, amelyen alapul.

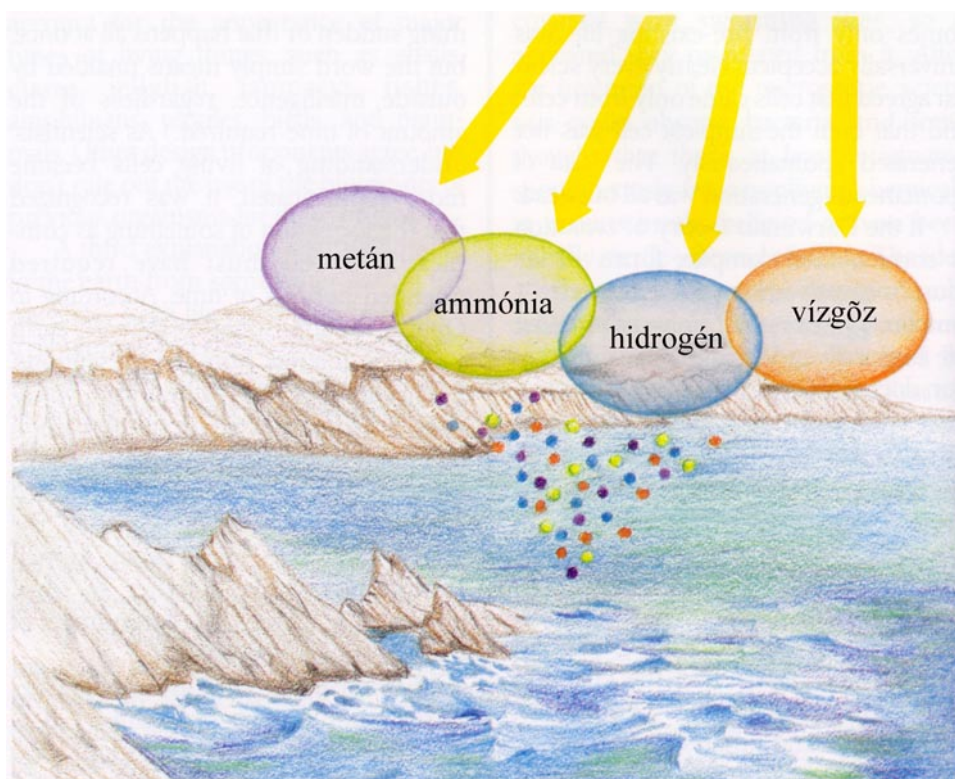
Oparin elmélete

1. sz. feltételezés. *Redukáló atmoszféra.*

A korai Föld atmoszférája nem, vagy csak nagyon csekély mennyiségű oxigént tartalmazott.

Oparin szerint az első sejtek fokozatosan alakultak ki több millió évvel ezelőtt. Úgy gondolta, hogy a korai Föld felszínén olyan állapotok uralkodtak, amelyek lehetővé tették a szerves vegyületek felgyülemelését, még mielőtt az élet elkezdődött volna. Micsoda akkumulációnak kellett végbemennie ahhoz, hogy annak a valószínűsége elég nagy legyen, hogy az összes szükséges vegyület találkozzék, és sejté alakuljon! Ráadásul ez a szituáció elő sem fordulhatott, ha a föld légköre jelentős mennyiségben tartalmazott oxigén gázt (O₂), mivel az oxigén hatására a képződött szerves vegyületek elreagáltak volna az *oxidációnak* nevezett folyamat során. Oparin úgy gondolta, hogy a korai atmoszféra csak metánt (CH₄), etánt (C₂H₆), ammóniát (NH₃), hidrogént (H₂) és vízgőzt tartalmazott, de oxigént nem. Ezt a típust általában **reduktív atmoszférának** hívjuk. Ő arra alapozta feltevését, hogy a hidrogén (H) a leggyakoribb

elem az univerzumban, és valószínűleg ez alkotott vegyületeket a többi könnyű elemmel a fentiekben felsorolt lista szerint az univerzum történelmének korai szakaszában.



1.1. ábra. Oparin elméletének megjelenítése: A korai Földön az ultraibolya sugárzás reagált az atmoszféra gázaival, és fontos szerves vegyületek alakultak ki

Oparin feltételezte továbbá, hogy az első sejtek *anaerobok* (azaz oxigénmentes környezetben is képesek voltak élni), valamint *heterotrófok* (azaz képtelenek arra, hogy előállítsák a saját táplálékukat) voltak, amelyek képtelenek voltak kinyerni esszenciális tápanyagaikat az őket körülvevő vízből. Ezek az anaerob heterotróf szervezetek a működésükhöz szükséges energiát *fermentáció* útján szerezték, azaz oly módon, amely lehetővé teszi, hogy oxigén nélkül szerezzenek energiát a környezetben levő szerves molekulákból.

2. számú feltételezés: A védelem (preservation)

Az egyszerű szerves vegyületek, amelyek az óceánban képződtek, valahogy konzerválódtak, és az az energia, amely létrehozta őket, egyúttal nem okozta bomlásukat is.

Az atmoszféra gázai nem tudtak volna reagálni egymással úgy, hogy az az energia, amely reakcióra bírja őket, ne okozta volna a képződő komplexebb vegyületek azonnali bomlását is. A Nap ultraibolya sugárzása, a kozmikus sugárzás, a villámok elektromos energiája, a vulkánok hőenergiája és a radioaktivitás valószínűleg biztosította a szükséges energia mennyiségét. Az elmélet szerint a hozzáférhető energia a légkör gázait olyan, sokkal bonyolultabb vegyületekké alakíthatta, mint pl. a cukrok, aminosavak, és zsírsavak. Azonban ugyanez az energiaforrás a képződött molekulákat azonnal el is bontotta volna. A feltételezés szerint ezek a vegyületek valamilyen módon védve voltak a romboló hatásoktól, és összegyűltek az ősi Föld primitív óceánjában, hogy egy olyan „levest” alakítsanak ki, amelyből az élet keletkezett.

3. számú feltételezés: A megőrződés (reservation)

Elégséges számú „megfelelő”, biológiailag aktív vegyület halmozódott fel az ősóceánban (sokkal több, mint a „használatlan” molekulák megkötöttek) amelyből óriásmolekulák képződhettek, amelyekből az élet keletkezhetett

Oparin feltételezte, hogy az egyszerű szerves vegyületek (biomonomerek) felgyülemlettek az ősóceánban, és egymással reakcióba léptek, aminek következményeként sokkal bonyolultabb vegyületek, mint pl. fehérjék, nukleinsavak, (és a számára ismeretlen, de az élet számára legfontosabb, a DNS is!), valamint poliszacharidok (különböző cukrok hosszú szénláncú molekulái) és lipidek (zsírok) keletkeztek. Eleinte ezek az óriás biomolekulák (biopolimerek) sokkal egyszerűbbek voltak, mint mai biokémiai megfelelőik, de fokozatosan egyre bonyolultabbakká váltak. Végül proteinekké alakultak, **katalitikus** tulajdonságokat vettek fel –amely képessé tett őket arra, hogy a biokémiai reakciókat gyorsítsák, miközben a folyamat alatt saját maguk nem sérülnek. Ezek voltak az első enzimek előfutárai. Feltételezik, hogy ezek az aminosavak reagáltak egymással, és óriásmolekulákat (polipeptideket) alkottak, valamint hogy az egyszerű cukrok az egyéb egyszerű cukrokkal komplex vegyületeket, azaz poliszacharidokat formáltak. Szintén feltételezik, hogy a DNS és RNS is hasonló módon alakult ki az őket felépítő blokkokból.

4. számú feltételezés: Egységes irányultság

Csak „balkezes”, azaz L-aminosavak formálták a fehérjéket az élő szervezetekhez, és csak a „jobbkezes” azaz D-cukrok reagáltak egymással, hogy poliszacharidokat képezzenek

Valamikor, nagyon korán a fejlődésük kezdetén az élő sejtek előnyben részesítettek egyfajta aminosavakat és egyfajta típusú cukrokat. Két aminosav kémiaiilag lehet teljesen azonos, miközben háromdimenziós alakjuk eltér egymástól ugyanúgy, ahogy a bal és a jobb kéz különbözik. Más szavakkal egymás tükörképei lehetnek. Azok a fehérjék, amelyek az élő szöveteket alkotják, **csak** balkezes aminosavakból épülhetnek fel (ez alól csak a glicin kivétel, mivel az sem bal, sem jobbkezes) annak ellenére, hogy mind a bal-, mind a jobbkezes forma valószínűleg azonos természetűek. Ugyanez igaz a cukrokra is; a genetikai anyag (DNS és RNS) csak jobbkezes cukrokat tartalmazhat.

5. számú feltételezés: Szimultán eredet

A genetikai gépezet, amely leírja a sejt számára a fehérjekészítést, és a fehérjék, amelyek a genetikai gépezet felépítéséhez szükségesek, fokozatosan keletkeztek. Mindegyikük jelen volt és működött az első ősi sejtekben

A ma élő sejtekben mind a DNS mind a fehérjék egymástól függenek. Különböző nézetek uralkodnak a tekintetben, hogy miképpen alakulhatott ki egyik a másik nélkül. Néhányan úgy gondolják, hogy először a genetikai kód keletkezett, mások úgy hiszik, hogy a működőképes fehérjék keletkeztek először, megint mások úgy vélik, hogy mind a DNS, mind a fehérjék egyszerre bukkantak fel.

6. számú feltételezés: Specifikus komplexitás

A kémiai gépezet több ezer részének rendkívül jól szervezett elrendezéséhez szükség volt olyan speciális funkciók végrehajtására, amelyek a koacervátumokból vagy egyéb ősi sejtekből fokozatosan fejlődtek ki

A biológiai makromolekulák (például fehérjék) komplex mikroszkopikus részecskékké alakultak, amelyeket „koacervátumok”-nak hívunk. A koacervátum cseppecskékké szerveződött fehérje- és cukormolekulák, valamint egyéb anyagok halmaza, amelyek oldatot képeznek. Néhány tudós úgy gondolja, hogy ezek a koacervátumok az első élő sejtek előfutárai. A koacervátumokban megtalálható néhány, az élő szervezetben is megtalálható fehérje, így azok „kiegészülhettek” az ósóceánban folyamatosan fogyó „táplálék” molekulákkal. Oparin úgy tekintett erre a versengésre, mint a darwini természetes kiválasztódás (ld. biológia tankönyvek) egy formájára. Ez eredményezte a túlélést, a dominanciát, a sokkal bonyolultabb és életszerű koacervátumok számára, amíg a valódi sejt meg nem jelent. A feltételezett első sejt rendelkezett sejtmembránnal, komplex metabolizmussal, genetikai kóddal és szaporodási képességekkel. Végül uralmuk alá hajtották a primitív ósóceánt.

7. számú feltételezés: Fotoszintézis

A fotoszintézisnek hívott kémiai folyamat, amelynek során a napfény energiáját a sejt felveszi, tárolja és felhasználja a táplálék készítéshez, a koacervátumokban fokozatosan fejlődött ki.

Az eszmefuttatás azt sugallja, hogy a további fejlődés során néhány primitív heterotróf (amely nem képes arra, hogy szerves tápanyagot vegyen fel élelemforrásként) szervezet a sejté válás során szert tett a fotoszintézis képességére. Ezek voltak az első autotróf szervezetek (képesek arra, hogy szerves vegyületeket használjanak tápanyagforrásként). Az elmélet szerint ennek az evolúciós fejlődésnek a hajtó motorja az volt, hogy a táplálékként szolgáló molekulák száma folyamatosan csökkent az ósóceánban. Feltételezi, hogy a koacervátumokban lejátszódó spontán kémiai események vezettek a hatékony energia-felvételi és feldolgozási rendszer (a fotoszintézis) kialakulásához. Ez a rendszer látta el energiával az egyszerű sejtet. Mivel a fotoszintézis során oxigén (O_2) szabadul fel, ez lehetővé tette a heterotróf szervezetek számára a további fejlődést, amelyek inkább alkalmazták az oxigén-légzést, mint hogy függjenek az egyéb fermentációs folyamatoktól, amelyek biztosították az energia ellátást.

Összegezve, Oparin elmélete úgy vetíti elénk a hosszú százmillió évekig tartó folyamatot, hogy az élet nagyon fokozatosan fejlődött ki az élettelen kémiai vegyületekből anélkül, hogy intelligens beavatkozásra szükség lett volna. Ahelyett, hogy a sejtek hirtelen megjelentek volna (ahogy azt Pasteur előtt gondolták) az élet keletkezését lépcsők sorozataként fogták fel, amelyek mindegyikének valószínűségét kísérletekkel meg lehetett becsülni. Így Oparin hipotézise több volt, mint a spontán keletkezés elméletének egyszerű újragondolása, egy pontosítás volt, amely megkísérelte megmagyarázni a sejt komplexitását.

További kísérleti eredményeknek kellett volna megbecsülniük Oparin elméletének ésszerűségét. Bár a hipotézis nagyon vázlatos volt, Oparin saját maga csakúgy, mint kortársai nagyon bízott abban, hogy csak idő kérdése és a laboratóriumi kísérletek tisztázni fogják az első élet létrejöttének részleteit.

Mit mond az élet eredetének kísérleti vizsgálata

Ahogy korábban említettük, Oparin feltételezte, hogy az olyan egyszerű gázok, mint a metán, etán, ammónia, hidrogén és vízgőz egymással reagálva szerves molekulákat alkothatnak, ha olyan különböző energiaforrásoknak vannak kitéve, amelyek léteztek a Földön az élet keletkezése előtt. Ez az ötlet laboratóriumban ellenőrizhető, egyszerűen ezeket a gázokat üvegedénybe kell zárni, és bombázni a molekuláikat UV fényvel, vagy elektromos kisülésekkel, és megfigyelni milyen vegyületek keletkeznek az apparátusban. Az ilyen típusú kísérleteket hívják *primitív atmoszféra szimulációs kísérlet*-nek, és az 50-es évek elejétől használják.

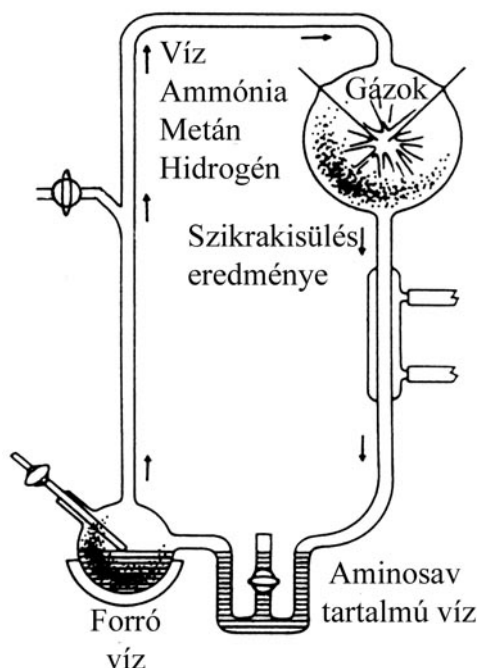
A primitív atmoszféra szimulációs kísérletek csak azt próbálják reprodukálni, vagy szimulálni, amit mi hiszünk a korai föld légkörében uralkodó állapotokról, és megmutatják, hogy a hipotézis ésszerű-e. Bizonyosodjunk meg róla, hogy a „szimuláció” kifejezést nem hagytuk figyelmen kívül. Ezek a kísérletek csak a korai földön valószínűsíthető állapotokat próbálják meg szimulálni. Nem tudják biztosítani az élet eredetének megfigyelését. Annak ellenére, hogy ezeket szimulációs kísérleteknek nevezik, az emberek néha elfelejtik ezt tényként kezelni.

A Miller-Urey kísérlet

Stanley Miller végzős hallgató volt a Chicagói Egyetemen, Harold Urey professzor (aki 1934-ben elnyerte a kémiai Nobel díjat) vezetése alatt. Amikor Miller elkezdte a diplomadolgozatát, még senki sem vitt végbe olyan kísérleteket, amelyekben az Oparin által feltételezett primitív légkörben lejátszódó reakciókat lehetett volna tanulmányozni. Oparin hipotézise szerint az élethez szükséges vegyületek keletkezhetnek. Miller és Urey érdeklődtek a téma iránt, és kíváncsiságból elvégezték a kísérletet. Az Oparin által a korai Földön feltételezett állapotokat lemásolandó, megtervezték az 1.2. ábrán látható készüléket.

Vizet helyeztek a gömblombik aljába, és forralták. Ez látta el vízgőzzel az egész berendezés gázterét. Az oxigén minden nyomát kizárták a rendszerből. Metán és hidrogén gázt szivattyúztak a készülékbe, majd ammóniát állítottak elő oldott ammónium-hidroxid (NH_4OH) hevítésével, a vízzel töltött gömblombik alján.

A kísérlet során a gömblombikban a víz forrt, így hajtva át a gázokat az óramutató járásával megegyező irányban az egész berendezésen. Az apparátus tetején egy 5 literes üveggömbbe két elektródát helyeztek, amelyeket az elektromos hálózathoz csatlakoztattak. Ahogy a gázok áthaladtak a két elektróda között, 50 000 V-os szikrák bombázták molekuláikat. A gázok ezután a hűtő-kondenzáló egységbe kerültek, ahol a vízgőz és a nehezen illó (nem párolgó) szerves molekulák kicsapódtak, kondenzálódtak. Ez az oldat azután összegyűlt a csapdában, amely a berendezés alján helyezkedett el. Elképzelhető, micsoda izgalommal várta Miller az első kísérlet eredményeit. Az általa azonosított vegyületek között voltak aminosavak, amiket a fehérjékben ma is megtalálhatunk. Kimutatott glicint, alanint, aszpartánt és glutaminsavat. Talált néhány nem biológiai aminosavat is, ureát és néhány egyszerű szerves savat, mint pl. hangycsavat, ecetsavat, szukcinsavat és tejsavat.



1.2. ábra. Miller készüléke. A laboratóriumi eszköz, amelyet Stanley Miller használt a korai prebiotikus állapotok szimulációs kísérletében

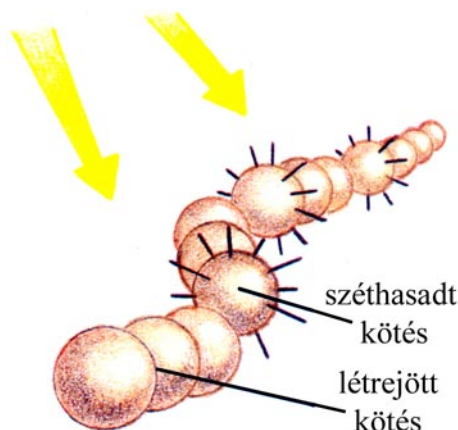
Miller korai, 1950-es években végzett munkája óta több biológiai vegyületet is sikerült kimutatni a primitív légkör szimulációs kísérletekben. A lista tartalmazza a legalapvetőbb vegyületeket, amelyek az élő szervezetekben előfordulnak.

Így már valóban látható, miért idéztek elő Miller kísérletei olyan nagy izgatottságot azok között a tudósok között, akik érdeklődtek az élet eredete után. Ezek a kísérletek látszólag alátámasztották, hogy az élet sok kémiai építőköve kialakulhatott azok között a természetes körülmények között (redukáló atmoszféra), amelyekről feltételezték, hogy a korai Földön uralkodtak. Oparin hipotézisének első lépcsőjét alátámasztó kísérleti bizonyíték hitelessé tette az élet eredetének kémiai evolúciós képét, és új hívőket szerzett az elméletnek.

Az Oparin hipotézis feltételezései körüli problémák

A látszólag ígéretes eredmények ellenére sok probléma merült fel a Miller-Urey kísérlet előfeltevéseivel kapcsolatban. Néhány közülük nagyon komoly. Emlékezzünk csak vissza az 1.sz feltételre, amely szerint a korai Föld légköre nem tartalmazott oxigént (O_2). Ha csak 1% oxigén jelen lett volna (a mai 21%-al szemben), lehetetlen lett volna szerves molekulák számára oly módon felgyülemelni, ahogy az Miller kísérletében történt. Ezek a vegyületek egyáltalán nem keletkeztek volna, vagy ha mégis, akkor gyorsan elbomlottak volna az oxidáció miatt. Komoly kémiai érveket gyűjtöttek össze annak alátámasztására, hogy a korai atmoszférában jelentős mennyiségű oxigén is jelen lehetett⁶. Nemrégiben felfedezett geológiai bizonyítékok azt jelzik, hogy jelentős mennyiségű oxigén volt jelen a földnek abban a korai szakaszában, amikor az első élet megjelent. Bár a légköri oxigén jelentős mennyiségére utaló geológiai bizonyítékok nem perdöntőek, nem egészen bizonyos, hogy Oparin alapfeltevése a korai oxigénmentes légkört illetően helyes volt. Szerencsétlenségünkre a középkorai biológia tankönyvek nem tesznek említést róla, hogy a legutóbbi kutatások milyen irányban haladnak az ősi atmoszféra összetételét illetően.

Továbbá, ha Oparin készülékében csak nyomokban is jelen lett volna oxigén, nem keletkezhetek volna az élet kémiai építőkövei, nem halmozódhattak volna fel biológiai vegyületek a berendezésben, és ha elégséges mennyiségben lett volna jelen oxigén, az ottlévő hidrogénnel az elektromos szikrák hatására robbanást okozott volna.



1.3. ábra. Ugyanaz az energia, amely az őslévesben aminosavakat reakcióra készítette, hogy rövid polipeptid láncokat alkossanak egymással, azonnal el is bontotta volna a képződött makromolekulákat

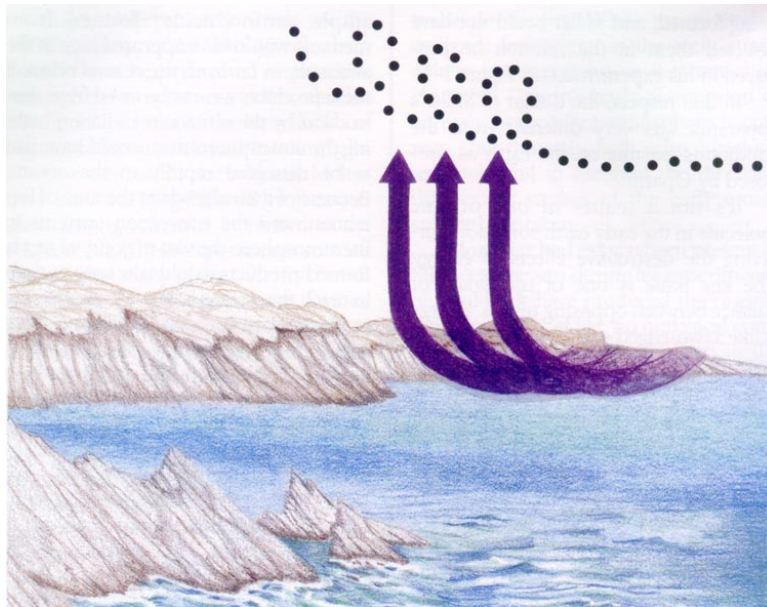
A második probléma Miller kísérletével, hogy a készülék tervezésekor nem követték a prebiotikus időkről rendelkezésünkre álló ismereteket. Az aminosavak és az egyéb nem illó, stabil, szerves vegyületek a csapdában akumulálódtak, amely megvédte őket az elektromos kisülések romboló hatásától. Ha az aminosavak és az egyéb termékek továbbra is ki lettek volna téve az energiaforrás hatásának (mint ahogy az a korai földön történt) képződésük útjében el is bomlottak volna, és Miller nem tudott volna kimutatni belőlük egyet sem a kísérlet során előállított oldatban (1.3. ábra.).

Ebből a szempontból Miller készülékének kivitelezése egészen különbözött azoktól a körülményektől, amelyeket Oparin feltételezett a korai Földről⁷.

De nem az a probléma, hogy a korai Földön egy szerves molekula valahogyan túlélte-e az energia-behatás romboló hatását. A kulcsfontosságú kérdés a *kémiai egyensúly*, azaz az ellentétes irányú folyamatok közötti mérleg. Az energia kétélű kardként működik, amely mindkét irányban képes vágni. Egyrészt felépít komplex molekulákat az egyszerűbbekből, másrészt ugyanez az energia elbontja a felépült molekulákat. Az építő és romboló hatások közötti végeredményként az egyensúlyi állapotban a legtöbb molekula viszonylag egyszerű marad. Ez olyasmi, mint bankszámlák egyenlege. A számlát egyrészt folyamatosan terhelik különböző kiadások, másrészt folyamatosan töltjük őket. Nem írhatunk csekkeket a végtelenségig, anélkül, hogy számításba vennénk, mennyi marad a számlánkon. Sok-sok éven át a tankönyvek azt írták, mennyire bonyolult molekulák alakulhattak ki az őslévesben, miközben figyelmen kívül hagyták az energia romboló hatását. Még manapság sem említi a könyvek nagy része a destruktív effektust. Azonban, ha figyelembe vesszük az energia kémiai kötéseket hasító tulajdonságát, rá kell ébrednünk, hogy a kémiai egyensúly az őslévesben nem a komplex óriásmolekuláknak kedvezett, hanem az egyszerűeknek, amelyek kevésbé alkalmasak arra, hogy spontán módon élő sejté alakuljanak.

Úgy gondolják, hogy a korai Földön a szerves molekulák szintéziséhez a legnagyobb energiaforrást a Nap ultravioleta (UV) sugárzása biztosította. Azonban, ha a metángázból a kísérletben feltételezett mennyiség lett volna jelen a Föld korai légkörében, az már a földfelszín felett elnyelte volna az UV sugárzást. Bármely, a metánból képződő termék (pl. aminosavak) az

atmoszféra felső rétegeiben jelent volna meg, messze az óceán felszíne felett. Ha ezeket a termékeket meg akartuk volna óvni az UV sugárzás kémiai kötéseket hasító hatásától, a keletkezésük pillanatában el kellett volna nyeletni őket az óceán vizében. Azonban keletkezésük felszín feletti magasságának és a felfelé irányuló légáramlatoknak köszönhetően az újonnan képződött termékek döntő hányadának nagyon sok időbe telt elérni az óceán felszínét. Rövidben, a metánból az UV sugárzás hatására képződött termékek nagyon hosszú ideig voltak kitéve ugyanennek az UV sugárzásnak a romboló hatásának, és valószínűsíthetően egyáltalán nem érték el az óceán felszínét soha sem (1.4. ábra).



1.4. ábra. A konvekciós áramlás meghosszabbította volna a szerves komponensek levegőben tartózkodási, és így az UV besugárzási idejét is

Ha azonban egy kevéske szerves vegyület el is érte az óceán felszínét, ott sem lettek volna biztonságban legalább két okból kifolyólag:

1. valamennyi ultraibolya sugárzás behatolhatott az óceán vizének felső rétegeibe, és ott vegyületeket romboló hatású lehetett,
2. a szerves vegyületek, mint pl. aminosavak, hajlamosak a bomlásra, ha vízben oldják őket. Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a bomlás sebessége.

Láthatjuk, hogy Miller kísérlete hibásan volt megtervezve. A csapda alkalmazása ebben a készülékben nem igazán felel meg semmi olyan védő mechanizmusnak (preservation), ami a korai Földön jelen lehetett volna.

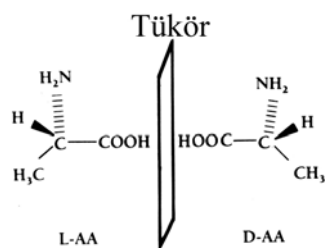
A Miller-Urey kísérlettel kapcsolatos harmadik problémát magában foglalja a 3. sz. előfeltevés, a „megőrződés (reservation)” problémája. A feltevés szerint „elégleges számú biológiai vegyület gyűlt össze, amelyek megőrződtek a hasonló molekulákkal együtt arra, hogy a „megfelelő” óriásmolekulákat hozzák létre az élet számára”. Milyen hasznos is lehetne a teória számára, ha a molekulák tudnák, mit kell tenniük. Azonban a kémiai reakciók egy híg vizes oldatban, amelyben több tízezernyi különböző vegyület található, rengeteg – ragacsos masszát létrehozó – keresztreakció zajlik le, ahelyett, hogy az aminosavak csak aminosavakkal, a cukrok pedig csak cukrokkal reagálnának⁸.

Ha ezeket az elvárásokat figyelembe vesszük, némi rövid szénláncú peptidek kivételével a mai napig nem találtunk volna biopolimereket (amelyek hasznosak az élet számára) a Miller-féle kísérletben. (ezeket is csak a későbbiekben részletezett speciálisan módosított kísérletek-

ben sikerült kimutatni). A Miller-féle kísérletben nagy termelékenységgel képződik borostyánszínű nem biológiai ragacs. Ezt az anyagot még nem azonosították, de nagyon valószínű, hogy az aldehidek és cianidok keresztreakciójából származik (mindkettőről tudott, hogy keletkezik a Miller-féle berendezésben, és ismert az általuk képzett makromolekula, az aldociánid is), vagy az aminosavak és cukrok keresztreakciójából (amelyek a szintén nem biológiai jellegű melanoidint adják). Azaz, interferáló keresztreakciók a kísérlet körülményei között is lejátszódtak, valóban megkérdőjelezve a 3.sz. feltevést.

Egyáltalán nem számít, hogy nincs semmiféle geológiai bizonyíték arra, hogy jelentős mennyiségű szerves anyag halmozódott volna fel az élet kialakulása előtt. Ebből az időszakból származó agyagos lerakódásoknak nagy mennyiségben kellene tartalmazni szénhidrátokat és nitrogénben gazdag vegyületeket, amelyek az őslevesből maradtak vissza. Az agyag felszíne apró üregeket tartalmaz, amelynek magába kellett volna zárnia ezeket a molekulákat, ha egyáltalán léteztek. Így, ha az „ősleves” létezett, elvárható lenne, hogy megtaláljuk a nyomait a legősibb sziklákon. Azonban mindeddig ez nem történt meg⁹. Nagyon kevés, vagy egyáltalán nincs is olyan biológia tankönyv, amely tájékoztatja erről a tényről a hallgatókat.

A negyedik probléma Miller kísérletével magába foglalja a 4. feltevést, az egységes orientáció kérdését. Ez a feltevés állítja, hogy „csak ’balkezes’ (L-aminosavak) aminosavak kombinálódtak egymással, és hozták létre az élethez szükséges fehérjéket”. Az élő sejteket felépítő fehérjékben levő aminosavak L konformációjúak („balkezesek”), azonban a Miller-Urey kísérletben a berendezésben képződött aminosav termékek mind racém elegyek, azaz 50 – 50%-ban bal- és jobbkezes formátumúak voltak. Az alanin nevű aminosav L és D formáját az 1.5. ábra szemlélteti. Senki nem tudja, hogy az élő szervezeteket alkotó fehérjékben miért csak az egyik van jelen a lehetséges két forma közül.



1.5. ábra. Az alanin L és D formája. Amíg az élő szervezetek fehérjei csak az L konformációból épülnek fel, addig a prebiotikus szimulációs kísérletekben mindkét konformáció megtalálható

A primitív Föld egy másik típusú szimulációiban cukrokat állítottak elő, hasonlóképpen szintén racém elegy keletkezett. Az élő anyag csak „jobbkezes” (D konformációjú) cukrokat tartalmaz, azonban a kísérletekben mindig a két (L és D) forma racém elegyét találták. Hogyan történt az, hogy az élet csak az egyik formát használja?

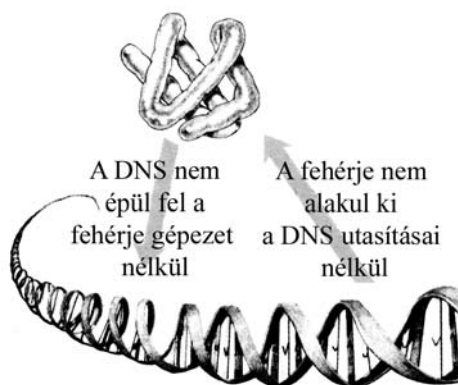
A tudósok speciális kísérleteket végeztek, hogy megtudják, vajon miért alakult ki ez a „kedvezményezettség”, de az eddigi kísérletek mind kudarcba fulladtak¹⁰.

Tekintet nélkül a Miller-Urey kísérlet számos problémájára, sok tudós egyetért abban, hogy az aminosavak megjelenése kísérletileg alátámasztja azt a hitet, hogy az élet valahogyan spontán módon keletkezett.

Fehérje mikrogömbök

Az Oparin hipotézissel szemben felmerülő következő probléma az 5. számú előfeltevéshez kapcsolódik. A szimultán eredet kérdése. Vajon hogyan magyarázható az aminosavak egymáshoz kapcsolódása az első fehérje kialakulásakor? Itt az az óriási probléma, hogy az ami-

nosavak nem képesek a megfelelő sorrendben kapcsolódni egymáshoz saját maguktól, a speciális, katalitikus hatású enzimek nélkül. Azonban a szükséges enzimek maguk is speciális fehérjék, amelyek a DNS kódja nélkül nem lennének képesek katalitikus funkciójukat betölteni. Az első fehérjék vajon hogyan keletkeztek olyan enzimek hiányában, amelyek katalitikus hatására szükség lett volna ahhoz, hogy az aminosavak a kapcsolódjanak egymáshoz, és ha nem volt DNS, amely kódolta volna az aminosavak megfelelő sorrendjét (ld. 1.6. ábra)? Egyszerűsítve „Melyik volt előbb, a tyúk, vagy a tojás” probléma. Megoldásként próbáltak kitalálni néhányan azt vetették fel, hogy bizonyára az RNS keletkezett először, hiszen a kódhordozó képességén kívül katalitikus tulajdonságai is vannak¹¹. Ezek szerint valószínűleg az RNS keletkezett először, magában kódolva a fehérjék kódját, és segítve azok szintézisét. A kezdeti lelkesedés után azonban sok vezető tudós, köztük olyanok is, akik eleinte támogatták az elképzelést, elvetették azt, mivel ugyanazokkal a problémákkal kerültek szembe, amelyek a DNS kapcsán is felmerültek¹².

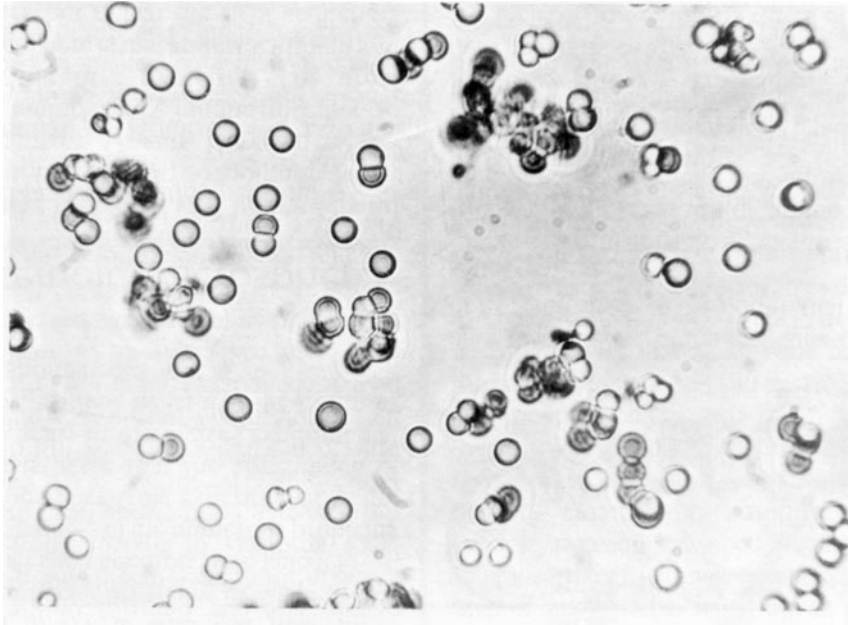


1.6. ábra. Mind a fehérjék, mind a DNS kialakulásához szükség van arra, hogy a másik korábban létezzen

A probléma megoldására a tudósok megpróbálták kitalálni a módját, hogy aminosavakat kapcsoljanak egymáshoz fehérjeszerű molekulákká anélkül, hogy enzimeket, vagy DNS-t használtak volna. Az egyik ilyen kísérletet Sidney W. Fox hajtotta végre, a Miami Egyetemen.

Dr. Fox 16 – 18 aminosav száraz elegyét hevítette 160 – 180°C-on néhány órán keresztül nitrogén atmoszférában. Csak olyan aminosavakat használt, amelyek az élő szervezetek fehérjeiben is előfordulnak. Azt találta, hogy az aminosavak víz kilépése közben polipeptidekké (aminosavak hosszú láncává) alakultak. Ezeket a polipeptideket ő „**proteinoid**”-oknak hívta, mivel néhány tulajdonságukban némileg hasonlítottak a valódi fehérjékhez. Például, voltak olyan kémiai reakciók, amelyek a proteinoidok jelenlétében egy kicsit gyorsabban mentek végbe mint egyébként lejátszódtak volna. Fox hitte, hogy ezek a proteinoidok jelentik a korai földön az enzimaktivitás kezdetét.

Ha a proteinoidokat forrásban levő vízben oldjuk, majd az oldatot lehűtjük, a proteinoid molekulák aggregálódnak (kicsapódnak), és egyforma, mikroszkopikus méretű gömböcskéket alkotnak, amelyeknek mérete nagyjából a baktériumsejtekének felel meg (1.7. ábra). Fox úgy hitte, hogy ezek a gömböcskék képviselik az első lépést a földi élő sejtek felé.



1.7. ábra. A proteonid gömböcskék felvétele

Úgy gondolták, hogy a proteinoid mikrogömbök kialakulhattak aminosavakból (feltéve, hogy az aminosavak feldúsulhattak a korai földön) a vulkánok közelében. Felvetették, hogy, amikor a primitív atmoszféra gázai érintkeztek a vulkánban a megolvadt kőzetekkel (kb. 1200°C hőmérsékleten) aminosavak alakulhattak ki, majd néhány kilométerrel a vulkán aktív centrumától összegyűltek, ahol a felszín hőmérséklete 160 – 180°C volt. Ezen a hőmérsékleten a száraz aminosavak proteinoidokká kondenzálódhattak, amelyeket a hőhatás romboló hatásától az eső hűtő hatása védett meg. Miután vízben feloldódtak, a proteinoidok mikrogömböket alkottak, amelyek kiegészítették egymást. Ez a szerencse elég volt ahhoz, hogy hosszú távon életszerű minőség fejlődjön ki és éljen túl. A folyamat évmilliókon át tartott, bár Fox állította, hogy órákat alatt kialakulhatott a protocell (elősejt) állapot. Végül kialakult az első, önreprodukáló, fermentáló sejt, és az élet megvetette a lábát.

Elvileg Fox kísérlete átölelte az aminosavak átalakulásának folyamatát abból az állapotból, amit a Miller-Urey kísérlet demonstrált odáig, amíg az élet kialakult. Sok tudós úgy gondolta, hogy kísérletek e két típusa erősen alátámasztja Oparin elméletét. De más tudósok nem értettek egyet. Lássunk néhány okot egyet nem értésükre.

A proteinoid mikrogömbök problémái

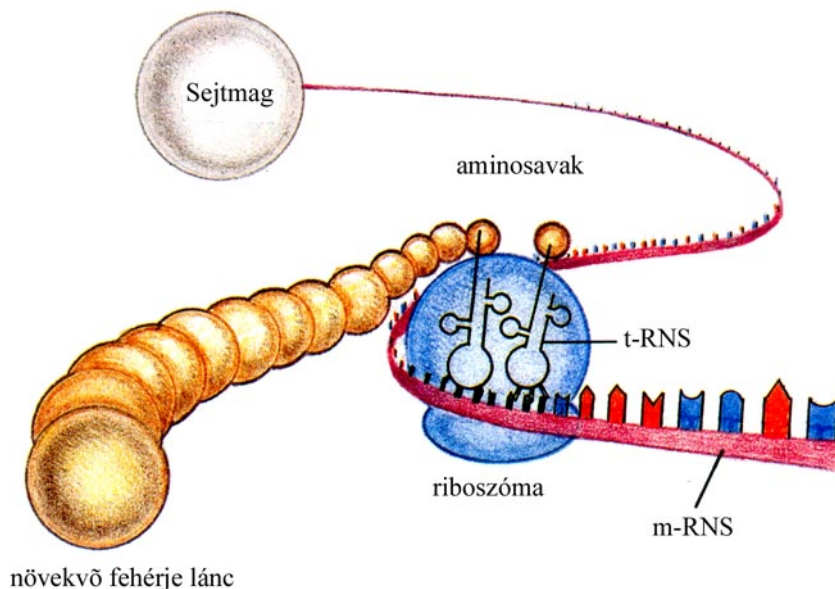
Először is, Fox a kísérleteiben csak és kizárólag proteinformáló L-aminosavakat alkalmazott. Vajon hol fordulhatott elő a korai földön ilyesfajta keverék? Korábban láttuk, hogy interferáló keresztreakció ezrei játszódtak volna le az őslévesben, megakadályozva Oparin 3. számú előfeltevésének teljesülését. Ezek a reakciók elhasználták volna azokat a fehérjeformáló aminosavakat, amelyeket Fox alkalmazott kísérleteiben. Ezek közül az anyagok közül néhány közvetlenül az aminosavakkal reagált volna, blokkolva a proteinoidok kialakulását. Például, ahogy azt már korábban láttuk, a cukrok az aminosavakkal melanoidint alkotnak, amely nem biológiai vegyület. Az ilyen és ehhez hasonló keresztreakciók miatt – amelyek Oparin feltevése szerint *nem* fordultak elő – nagyon valószínűtlen, hogy proteinoidok keletkeztek a korai földön természetes körülmények között. Röviden: sok tudós egyetért abban, hogy a Fox által alkalmazott, tiszta, kiválogatott aminosavak elegye nem valószínű¹³.

Másodsorban, nincs egyetértés a vulkánok közelében feltételezeten lejátszódott történések sorrendjét illetően sem. A magas és alacsony hőmérsékletek szükséges kombinációja az esővel együtt, egyszerre, a megfelelő helyen és időben, természetellenesen „koreografálnak” tűnik, és nagyon valószínűtlen sok tudós számára. De még ha ennek ellenére ki is alakultak proteinoidek, a hő, amely kiformálta őket, el is pusztította volna, vagy saját maguk szétestek volna, mielőtt szerepet játszhattak volna az élet kialakításában.

Mindegyik között a legfontosabb probléma azonban, hogy ha a korábbi ellentéteket meg is oldjuk, akkor is óriási a különbség egy proteinod mikrogömböcske és a legprimitívebb élő sejt között¹⁴.

A 6.számú előfeltevés azt mondja, hogy „A kémiai gépezet több ezer részének rendkívül jól szervezett elrendezéséhez szükség volt olyan speciális funkciók végrehajtására, amelyek a koacervátumokból vagy egyéb ősi sejtekből fokozatosan fejlődtek ki”. De honnan származtak ezek? Egy valódi sejt ötszáznál is több fajta enzimet tartalmaz, amelyek mindegyike arra specializálódott, hogy egy egyszerű kémiai reakciót vigyen véghez, nagy sebességgel és határfokkal. Az összes enzim úgy dolgozik egymással, mint egy jól megtervezett gép, amely véghezviszi a sejt metabolikus tevékenységét. Mindegyik enzim aminosavak precízen összeállított sorrendjéből áll. A sorrend nagyon fontos, mivel ez adja meg az enzim karakterét, és meghatározza funkcióját, ugyanúgy, mint ahogy egy adott számzár működéséhez a számok mindig azonos sorrendjének megadása szükséges. A specifikus enzimek felépítéséhez szükséges aminosav sorrend a sejt DNS molekulájában, a génekben van kódolva. A DNS alegységből áll, a nukleotid bázisokból, amelyből három alkot egy „genetikai szót”. Ezek a szavak határozzák meg a sejt fehérjében előforduló aminosavak milyenségét és sorrendjét. Ez azt jelenti, hogy 300 „szó” szükséges egy 100 aminosavból álló – az átlagosnál sokkal kisebb – enzim leírására.

Sőt, mi több, egy egyszerű fehérje, vagy DNS molekula felépítéséhez a sejtben további 60 enzimeként működő specifikus protein szükséges. Ha csak egyetlenegy is hiányzik, a fehérje nem alakul ki. Más szavakkal, az összes szükséges fehérjének jelen kell lennie, mielőtt egy másik fehérje kialakulhatna a sejtben. A fehérjeszintézis fontosabb lépéseit az 1.8. ábra mutatja be.



1.8. ábra. Fehérjeszintézis. A sejt belsejében a DNS mintázatából az mRNS viszi az információt a fehérje összeszerelő üzembe a megfelelő fehérje összeállításához

Honnan származnak azok a fehérjék, amelyek az első fehérje szintéziséhez kellettek? A válasz (az Oparin hipotézis szerint) az, hogy azok maguktól keletkeztek. Azonban annak a valószínűsége, hogy egyetlenegy specifikus fehérje irányítatlan módon magától kialakuljon, gyakorlatilag nulla.

Vegyünk egy viszonylag kicsi fehérje molekulát, amely 100 aminosavból áll. Vajon hány lehetséges kombinációban szerepelhet a 20 esszenciális aminosav ebben a 100 egységből álló láncban? A válasz: $20^{100} = 10^{130}$ (azaz az egyes után még 130 nulla áll). Ez a szám olyan óriási, hogy a világegyetem ma ismert kora (15 milliárd év) nem volna elég az összes változat kipróbálásához, hogy megtaláljuk ennek az egyetlen fehérjemolekulának a megfelelő kombinációját.

Azonban felismerték, hogy bizonyos aminosav variációk lehetségesek néhány pozícióban anélkül, hogy a fehérje elveszítené működőképességét. Annak ellenére, hogy a tudósok kiszámolták és kísérleti úton is igazolták ezt a fajta toleranciát, annak a valószínűsége, hogy egy 100 egységből álló működőképes fehérje magától kialakuljon, még mindig csak $1:10^{65}$.¹⁵ Ez a valószínűség még mindig túl kicsi ahhoz, hogy elég legyen a világegyetem ma ismert kora egyetlenegy protein kialakulásához. Megítélheti a probléma nagyságát, ha figyelembe veszi, hogy nem csak egyetlen, hanem kb. 60 specifikus fehérje kell *mielőtt*, a sejt pontosan meghatározott részlegében a fehérjegyártó gépezet (beleértve a translációt és a transzkripciót is) sikeresen üzemelhetne. És annak a durván 60 specifikus fehérjének nem csak az egyidejű jelenléte szükséges, hanem ugyanakkor és ugyanott kell jelen lenniük a sejt egy apró részlegében.

Oparin hipotézise feltételezi, hogy az összes szükséges enzimfehérje valamilyen természetes folyamat eredményeként jött létre, annak ellenére, hogy az ilyen folyamatok előfordulásának esélye megsemmisítően kicsiny. Fox és társainak laboratóriumi munkája kétségtelenül alátámasztotta azt az elméletet, hogy spontán kémiai reakciók során kialakulhatnak olyan fehérjeszerű molekulák, amelyek szükségesek a DNS és a sejt fehérje előállító mechanizmusának működéséhez.

Sejtmembránok

A valódi sejt bonyolult sejtmembránnal van körülvéve. Ezeket a membránokat ún. foszfolipidek, speciális zsírmolekulák építik fel más egyéb speciális fehérjékkel együtt. A különböző osztályba sorolható speciális fehérjemolekulák nélkül a membrán nem megfelelően működik. Ezzel ellentétben a proteinoid mikrogömböcskék olyan külső burkolattal rendelkeznek, amely sokkal vastagabb, és csak olyan fehérjéből épül fel, amelyek a valódi fehérjékhez viszonyítva nagyon egyszerű vegyületek.

Ahogy látható, komoly nehézségek vannak azzal az elmélettel, hogy az élő sejtek természetes úton fejlődtek volna ki az ősselevesből. Nincs egy megfelelően szilárd elmélete, sem egy ígéretes kísérleti alapja annak a hitnek, hogy a specifikus komplexitás – a részegységek ezreinek magasan szervezett elrendezése – spontán keletkezett¹⁶.

Biztonsággal megállapíthatjuk, Oparin nagy valószínűséggel inkorrekt volt a sejten belüli gépezetek kémiai evolúcióját illetően, amellyel a 6. számú előfeltevését megalapozta.

Oparin hipotézisének utolsó előfeltevése sincs egyelőre alátámasztva. A 7. számú előfeltevés kimondja, hogy néhány sejt valamikor szert tett arra a képességre, hogy a napfényt hasznosítsa, és élelemmé alakítsa (fotoszintézis). Nincs kísérleti bizonyíték, amely alátámasztaná azt a nézőpontot, hogy ilyen bonyolult folyamat kialakulhatott az általunk jelenleg ismert természetes okok hatására. Tény, hogy az ilyen komplex energiahasznosító rendszerek lépésről-lépésre való kialakulása rendkívül valószínűtlen, még évmilliárdok alatt is.

Az Élet Intelligens tervezettségének tudományos ügye

Az élet eredetének ésszerű alternatív magyarázata tudományosan alátámasztott magyarázat. Ha megfigyeljük, hogy hogyan működnek az élő szervezetek, lenyűgözve állunk a magas fokú komplexitás és szervezethez szükséges. Az élő teremtményekben a szervezethez a sejt genetikai anyaga által hordozott információ kifejeződése, amely irányítja annak résziből való felépülését. Ez a folyamat hasonló ahhoz, amikor egy építész tervei alapján egy ház felépül, vagy egy könyv megíródik. A tudós Polányi Mihály mondta 1967-ben:

Egy könyv, vagy egyéb tárgy, amely információt közöl, alapvetően nem egyszerűsíthető le fizikára és kémiára ... Ugyanígy el kell vetnünk arra a vonatkozóan is, ami a DNS kémiai tulajdonságainak részeként, általa közölt információ¹⁷.

Manapság sok tudós által osztott értelmezés a következő nagy, általánosított formába önthető, akárcsak az anyag és az energia: „információ nem keletkezik csak kémiai és fizikai okokból”. Ez a viselkedésnek ugyanolyan formalizált leírása, mint az anyagé és az energiáé a termodinamika törvényeiben – általánosítás az anyagról és az energiáról, hogy mit (jelen esetben mit nem) fog csinálni. Továbbá ugyanolyan vizsgálatok tárgyát képezi. A termodinamika második főtétele megdönthető a szabály alóli kivételek ismételt megfigyelésével. Hasonlóképpen, egy kémiai vagy fizikai folyamat ismételt megfigyelhető információ teremtő képessége ezt a szabályt is megcáfolná.

Jelenleg azonban nagyon sok jó okunk van hinni ebben az általánosításban. Először is, nem ismerünk kivételt. Másodszor, az információelmélet elfogadott elmélete alátámasztja ezt a következtetést. Tudjuk, hogy egyes rendszereken átfolyó energia magasan rendezett mintázatot eredményezhet. A darwinisták ezeket emelik ki, annak alátámasztására, hogy hogyan játszódott le a spontán keletkezés. Azonban az információ sorrendje különbözik. Az információ szabálytalan sorrendben jelenik meg, kifejezve a kódolt üzenet kényszerítő hatását. A két elméletet – a rendezettséget és az információt – ütköztetve, elvezetett sok olyan jellemző tulajdonsághoz, amelyet a nyers anyag nem birtokol. Ahogy az információtudós Hubert Yockey figyelmeztet:

Kísérletek a rend elméletéhez kapcsolódóan ... a biológiai szervezethez vagy specifitást úgy kell tekinteni, mint szójátékokat, amelyek nem állhatnak alapos vizsgálat alatt¹⁸.

Százötven évvel ezelőtt szinte mindenki egyetértett az univerzum tervezettségének kérdésében. De Charles Darwin érve a természetes szelekcióról azt mondták, hogy a tervezés csak „látszólagos” az élő szervezetekben. Lehetséges azonban, hogy a vita hamarosan teljes fordulatot vesz.

Milyen kísérleti bizonyítékok támasztják alá az Intelligens tervezettség nézőpontját? Mindenek előtt a kísérleti vizsgálata az Oparin hipotézis által termelt eredményeknek, amelyek sokkal ésszerűbben alátámaszthatók az Intelligens tervezettség szemszögéből. Például, ha a tudományos vizsgálatot végző személy nem avatkozik közbe, a kísérletben az aminosavak L és D konformációja 50 – 50% arányban keletkezik. A kísérlet intelligens kézben tartásával elérhető, hogy elsődlegesen az egyik forma képződjön a másik rovására¹⁹. Ez az eredmények szintén azt az elméletet támasztják alá, hogy a „balkezes” formák kizárólagos jelenléte intelligens közreműködés eredménye. Tény azonban, hogy attól függetlenül, hogy a válogatott vegyületek és ellenőrzött körülmények intelligens alkalmazásával sem tudták az aminosavakat összegyűjteni a laboratóriumi kísérletben. Nincs okunk abban kételkedni, hogy ez igaz volt az élet eredetéről is.

Egy analógia

Az élet Intelligens tervezésének esete egy hasonlattal világossá tehető. Tegyük fel, hogy otthagytunk egy vadonatúj teherautót a tiszta egy természeti nép falucskája mellett, távol minden civilizációtól, és tegyük fel, hogy benne hagyjuk az indítókulcsot, és tele töltjük az üzemanyagtartályt. Valószínűleg hamarosan fel fogja fedezni az egyik – vagy több – bennszülött. Elrohannak a faluba, és visszahozzák magukkal törzstársaikat. Együtt átvizsgálják a kocsit kívül belül egyaránt, órákon keresztül. Rengeteg időt elvesztegetve babrálják a fogantyúkkal, megcsodálják magukat a tükrökben, nyomkodják a gombokat, ki- és bemásznak a kabinba, felmásznak a tetejére, bekúsznak alá, és közben folyamatosan izgatottan beszélnek. Végül leszáll az est, és a bennszülöttek visszatérnek a falujukba. Másnap azonban ismét visszajönnek. Tény, hogy nem nehéz elképzelni, hogy elkezdik alaposan megvizsgálni a teherkocsit, majd éveken keresztül visszajárnak. Az első héten egy szerencsés véletlen folytán felfedezik, hogyan használják az indítókulcsot, és vezessék az autót. Sokkal lenyűgözőbb azonban, hogy végül megtanulják szétszedni és összerakni a kocsit, és lassan megértik mechanikai működését. Nincs mögötte semmilyen ésszerűség Szépen lassan megértik a teherautó teljes mechanizmusát. *De ez valami egészen más, mintha azt tudnák, hogy honnan érkezett.*

Ha a bennszülöttek megpróbálnák meghatározni a teherkocsi eredetét, nem lenne meglepő, ha azon tűnődnének, *ki tette oda* – ha a saját értelmükhöz hasonlót tételeznének fel. Ha így tennének, a következőképpen hangzana a vizsgálódás elve – az *ok és okozat* és az **egységesség** (analógia) elve. Az első elv kimondja, hogy minden okozatnak (jelen esetben a teherkocsinak) van egy meghatározott oka. A második elv, hogy az egyöntetűség, kimondja, hogy egy adott következmény oka ma azonos (analóg) azokkal az okokkal, amelyek a múltban hasonló következményeket okoztak. Ha a következmények a múltban és a jelenben hasonlóak, és a jelenben megfigyelt következmények oka ismert (David Hume filozófus bizonyítéknak »proof« nevezte²⁰) akkor ésszerűnek tűnik feltételezni, hogy ugyanolyan ok felelős a múltbeli következményekért, amelyet a jelenbeli ok okozott.

Lehet, hogy a számítógép-korszak mércéje szerint nem elég hatékony a primitív bennszülöttek saját technológiája, mint pl. az íjak és nyilak, kunyhók, dobok, emelőkarok és alátámasztásaik, kisállat csapdáik és sok-sok egyéb eszközük, de attól még van saját technológiájuk! Tökéletesen racionális, és a nagyon nagy valószínűséggel előfordulna ezekkel a falulakókkal – akik csupán a saját intelligenciájukra támaszkodva megcsinálták ezeket az eszközöket –, hogy a teherkocsi megalkotását illetően is valami hasonló intelligenciát tételeznének fel. Addig azonban, amíg mi nem várjuk el tőlük, hogy képesek legyenek az előbbi elveket felállítani, őket ez nem gátolja abban, hogy alkalmazzák ezeket az elveket, és feltételezzék, hogy egy intelligens mester alkotta meg a kocsit.

Mit mond ez a kis történet nekünk arról, hogy az élet hogyan keletkezett? Egy pillanatra gondolkozzunk el azon, hogy az élő szervezetek és a mesterségesen előállított termékek mindegyike mi módon mutatja a szervezethez, vagy a különleges komplexitás tulajdonságait. A teherkocsi rengeteg alkatrészrel rendelkezik, amelyek összeállnak egy működő egésszé, és ezek mindegyike engedelmeskedik a tapasztalható fizikai és kémiai természeti törvényeknek. ***Azonban a teherkocsi nem spontán jött létre a természeti törvények eredményeképpen.*** Például, egy belsőégésű motor nem jöhet létre a fém fizikai tulajdonságai által, amelyből készült. Ehelyett egy mérnök, vagy a mérnökök egy csoportja kell, hogy figyelembe vegye a fém fizikai tulajdonságait, annak érdekében, hogy elérkezzenek a motor megtervezéséhez és a megvalósításához. Vajon az élő sejtben fellelhető komplexitás a protenoid mikrogömböcskék, vagy a teherkocsi komplexitásához hasonlítható-e? Természetesen sokkal inkább a teherkocsiéhoz.

Az aminosavak, cukrok, purinok, pirimidinek stb. kémiai tulajdonságai nem olyan jellemzők, hogy azokból szükségszerűen genetikai kód és fehérjeszintetizáló gépezet keletkezzék. Az igazság az, hogy ezeknek a vegyületeknek a hipotetikus „őslevesben” kifejeződő termé-

szetes kémiai hajlama meggátolta volna a kódolt üzenetek kialakulását. Például az aminosavak reagáltak volna a cukrokkal, megakadályozva a DNS vagy RNS kialakulását.

Számtalan példát találhatunk a rendezettség (ismétlődő mintázatok, szimmetria stb) a kémiában, amely megtalálható lett volna az őslevesben és a természetben egyéb helyeken is. Azonban az élettelen világban sehol nem találunk olyan specifikus komplexitást, amely csak durván hasonló lenne a kódolt információhoz. Az igazság az, hogy a genetikai kóddal összehasonlítható egyetlen ismert analógia nem természetesen fordul elő. Felfedezték, hogy az élő szervezetekben előforduló információ szerkezete matematikailag azonos az írott nyelvével²¹. Mivel mind az írott nyelv, mind a DNS a továbbított információt illetően, a „szavak” specifikus sorrendjének árulkodó tulajdonságaival bír, és mivel tudjuk, hogy intelligencia hozta létre az írott nyelvet, nem ésszerűtlenség a DNS információjának létrehozóját szintén intelligenciának minősíteni.

Ha a hozzáférhető bizonyítékokat számításba vesszük, nagyon valószínűnek tűnik, hogy a földön az élet eredete magába foglalta a molekuláris komplexitás megformálását a mesterségesen előállított tételekhez hasonló módon. Tény, hogy az élő sejt (még a legegyszerűbb is) egy miniatűr, automatizált üzem bonyolultságával rendelkezik. Nem szabadna jobban elvárunk az olyan molekuláris „gépezetek” spontán felbukkanását, mint pl. a DNS, az aminoacetilszintetáz, transzfer RNS, riboszómák, stb., az egyszerű kémiai vegyületekből, mint az automata szerszámok spontán összeszerelődését egy automatizált gépkocsigyártó üzemben a nyers gumiból, acélból, szilikonból stb. Mindkét esetben a mérnöki tervezés komplex készlete szükséges, terveké, amelyeket intelligencia hozott létre. Azután további intelligens tevékenység szükséges az összeszerelési folyamat során.

Az élet eredetét kutató, jól megtervezett kísérleteket folytatni kell. A spontán keletkezés, vagy kémiai evolúció modern eszméje azonban nem tekinthető reálisnak a biológiai komplexitás megjelenését illetően az élet előtti kémiai rendszerekben. Így nem volt meglepetés, amikor a tankönyvek íróinak optimizmusával ellentétben az élet-eredet egyik vezető kísérleti kutatója Klaus Dose a következőképpen foglalta össze az ebben a témában korábban írt tanulmányait:

Az élet eredetének, a kémiai és molekuláris evolúció kísérleti kutatásával töltött több, mint harminc év oda vezetett, hogy jobban felfogtuk, hogy az élet keletkezése milyen óriási probléma, ahelyett, hogy közelebb kerültünk volna a megoldáshoz. Jelenleg a szakmai elméleti és kísérleti viták mindegyike vagy holtpontra jutott, vagy a tudatlanság beismeréséhez.²²

Ahogy láttuk, az elmélet, (ti. hogy az élet egy értelem nélküli folyamat során keletkezett) alapjául szolgáló legfontosabb feltételezések közül sok nem felel meg a tudomány által ismert tényeknek, ezáltal ezekkel a tényekkel nem támasztható alá úgy, hogy az értelmesen hangozzék. Néhány tudós ellenkezik ezekkel az érvekkel, fenntartva, hogy a jövőben olyan felfedezések születnek majd, amelyek alapjaiban megváltoztatják a korábbi megállapításokat. Ezt az elméletet hívják „ígéretes materializmus”-nak. Addig, amíg senki nem állíthatja biztosan, hogy ez nem fog megtörténni, a tudomány nem képes arra, hogy megbízhatóan leszámoljon azzal, amit úgy ismernek, hogy a remélt jövőbeli felfedezések.

Másrésről az élet eredetének kísérleti eredményei és az élő sejt molekuláris biológiája összecseng az intelligens tervezettség hipotézisével. Hogy mi teszi ezt az értelmezést olyan lenyűgözővé, az az, elképesztő korreláció az információhordozó molekulák (DNS, fehérjék) és az általános tapasztalataink között, hogy ilyen mondatok csak intelligens ok eredményei lehetnek. Ez a párhuzam erősen sugallja, hogy az élet maga tartozik az eredetével egy mesteri intellektusnak.

Javasolt irodalom és források

The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories, by Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley and Roger L. Olsen. New York: Philosophical Library Publishers, 1984 and Daltas: Lewis and Stanley. A scholarly critique of chemical evolution.

Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth, by Robert Shapiro. New York: Summit Books, 1986 (hardbound) Bantam Books, 1987 (paperbound). Another good critique of chemical evolution.

Hivatkozások

- ¹ H. Rolston, 1988. *Zygon: Journal of Religion and Science* 23,352.
- ² S. Arrhenius, 1908. *Worlds in the Making*. New York: Harper and Row, and F. H. C. Crick and L. E. Orgel, 1973. *Icarus* 19,341.
- ³ C. Thaxton, W. Bradley and R. Olsen, 1984. *The Mystery of Life's Origin*. Dallas: Lewis and Stanley. pp. 191-196.
- ⁴ A. I. Oparin, 1924. *The Origin of Life* (Russian Proiskhozdenic Zhizny), Moskovski Rabochii, Moscow. The best general Oparin reference is, A. I. Oparin, 1957. *The Origin of Life on Earth*, 3rd ed., New York: Academic Press.
- ⁵ J. B. S. Haldane, 1928. *Rationalist Annual* 148,3-10.
- ⁶ H. Clemmey and N. Badham, 1982. *Geol.* 10,141-146, and J. H. Carver, 1981. *Nature* 292,136-138..
- ⁷ Thaxton, Bradley and Olsen, p. 102.
- ⁸ *Ibid.*, pp. 104 – 106.
- ⁹ J. Brooks and G. Shaw, 1973. *Origin and Development of Living Systems*. London and New York: Academic Press, p. 359.
- ¹⁰ W. Bonner, 1991. *Origins of Life* 21,59-111.
- ¹¹ T. R. Cech, 1986. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 83,4360 and T. R. Cech and B. L. Bass, 1986. *Ann. Rev Biochem.* 55,599.
- ¹² R. Shapiro, 1988. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 18,71-85, and M. Waldrop. 1989. *Science* 246. 1248-1249.
- ¹³ Thaxton, Bradley and Olsen, p. 162.
- ¹⁴ *Ibid.*, pp. 174-176.
- ¹⁵ J. U. Bowie, R. T. Sauer, 1989. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 86,2152-2156 et al., 1990 *Science* 247,1306-1310, and J. F. Reidhaar-Olson, R. T. Sauer, 1990. *Proteins: Structure, Function, and Genetics* 7,306-316.
- ¹⁶ K. Dose, 1988. *Interdiscipl. Sci. Rev.* 13,348-356.
- ¹⁷ M. Polanyi, 1967. *Chem. & Eng. News*, Aug. 21, p. 62.
- ¹⁸ H. Yockey, 1977. *J. Theoret. Biol.* 67,377-398.
- ¹⁹ Thaxton, Bradley and Olsen, pp. 156-162.
- ²⁰ D. Hume, 1748. *Inquiry*, ed. R. M. Hutchins, *Great Books of the Western World*, Vol. 35. [1952] Chicago, p.458.
- ²¹ H. Yockey, 1981. *J. Theoret. Biol.* 91,13-16.
- ²² K. Dose, 1988. 13,348.