

# Podrijetlo života

---

**Brauneger, Dora**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2012**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:535286>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU PRIRODOSLOVNO-  
MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK**

*PODRIJETLO ŽIVOTA*

*ORIGIN OF LIFE*

Dora Brauneger

Preddiplomski studij biologija

Undergraduate study of biology

Mentor: Prof. dr. sc. Mirjana Kalafati

Zagreb, 2012.

## SADRŽAJ:

1) UVOD	1
2) POVIJEST a) Rana povijest	3
b) Razdoblje Pasteur-a	4
c) Razdoblje poslije Pasteur-a	4
d) Nova era	5
3) ZEMLJA NEKADA	6
4) KEMIJSKA EVOLUCIJA	7
5) RNA SVIJET	9
6) EVOLUCIJA GENA I NASTANAK DNA MOLEKULE a) Podrijetlo gena	11
b) Postanak DNA mol.	13
7) NASTANAK PRVA STANICE, PROGENOT I LUCA a) Prva stanica	15
b) Progenot	18
c) LUCA	20
8) TEORIJA PANSPERMIJE	22
9) ZAKLJUČAK	24
10) SAŽETAK	25
11) SUMMARY	26
12) LITERATURA	27

## UVOD:

Svijet u kojem živimo je jedinstven i raznolik. S toliko oblika živog svijeta da ga ne možemo prebrojati. Međutim, većina ljudi prolazi kroz svoj život bez da i pomisli o tome otkud sva ta raznolikost. Kako smo mi došli do tuda gdje smo sada? Koliko nam je trebalo i najvažnije, kako je sve to pošlo? U ovom radu govorit ćemo se osvemu što je prethodilo vremenu u kojem smo sada, teorije koje su postojale i koje postoje još i danas, različita razmišljanja znanstvenika koja u svoje vrijeme nisu mogla znati ono što danas znamo, nego su mogli samo pretpostavljati i najvažnije, procese koji su doveli do današnjeg izgleda ovog našeg prekrasnog planeta. Zato, prije nego što pokušamo govoriti o tome kako se život razvijao na Zemlji, treba prvo reći i kako je taj planet, jedinstven u svemiru, uopće nastao.

Svi se pitamo kako je sve pošlo. U kojem trenutku su se čestice odlučile spojiti i otkuda su te čestice uopće? Isto tako se pitamo kada je pošlo vrijeme i da li su tada uopće postojale dimenzije kao takve, vrijeme i prostor? Vjerojatno nikada ne bismo mogli odgovoriti na ta pitanja jer naravno još tada nismo postajali, a i naš um je previše ograničen i jednostavan da bi mogao shvatiti nešto tako nerealistično kao što su vrijeme i prostor. Zato u današnje vrijeme znanstvenici jedino mogu pretpostavljati. Glavna njihova teorija je „Teorija Velikog Praska“. Prije Velikog Praska pretpostavlja se da nije bilo prostora i vremena, nije bilo galaksija, planeta, niti zvijezda. Nije čak bilo niti atoma. Bila je samo ista energija. Jedan od glavnih pokretača svih događaja Veliki Prask dogodio prije 13-14 milijardi godina i svemir se počeo širiti iz točke beskonačne gustoće. Zbog širenja materija se počela razrijediti i svemir se počeo hladiti. Znanstvenici dijele nastanak svemira na tri velike ere: radijacijska, materijalna i sadašnja. Radijacijska era se pojavila netom nakon Velikog Praska i tada je postojala samo energija, a temperatura je bila jako visoka. Iz energije su nastali kvarkovi i antikvarkovi, a iz njih elektroni, protoni i neutroni. Nastankom tih iona nastale su jezgre lakih elemenata (H, He...). Ovdje je Svemir ušao u eru materije. U ovom razdoblju iz jedne sile nastale su četiri osnovne sile: gravitacijska, elektromagnetska, jaka i slaba nuklearna sila. Djelovanjem gravitacijske sile nastaju nakupine materijala iz kojih se razvijaju prve protogalaksije i protoklasteri. Nakon ovih događaja Svemir se polako počeo razvijati do izgleda kakav ima danas. Međutim, nisu se svi slagali s teorijom Velikog Praska. Tri poznata znanstvenika u razdoblju od 40-ih godina 20. st. (Fred Hoyle, Hermann Bondi i Thomas Gold) iznijeli su svoju teoriju o postanku Svemira. Njihova teorija se zove Stacionarna teorija (Steady State ili

Infinite Universe teorija). Teorija govori da iako se Svemir beskonačno širi njegov izgled se ne mijenja, tj. nova materija nastaje spontano u novonastalim prazninama i tamo nastaju nove zvijezde kako bi se održala jedinstvena gustoća Svemira. Po toj teoriji sve galaksije (daleke i bliske) trebale bi izgledati isto. Ali pronalaskom novih tehnologija uvidjelo se da Svemir nije u svim dijelovima isti, da se daleke galaksije razlikuju od bliskih jer je ova teorija srušena. Daljnim istraživanjima pronađeni su i dokazi koji podržavaju teoriju Velikog Praska. Teorija Kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja (Cosmic microwave background radiation) koju su postavili Arno Penzias i Robert Wilson govori o radijaciji koja je ostala od širenja Svemira. Kako je u početku Svemir bio gusta, vruća masa, njegovim širenjem mogli su se širiti i slobodni ioni kao i energija. Graf CMBR-a koji je kasnije napravljen pokazuje jednoličnu, tamnu površinu s povremenim nijansama svijetlijih boja. Te svijetlije boje su ostaci radijacije koja je ostala nakon što se svemir proširio. Sve ostalo što je tamno, prikazuje prozirni Svemir sa nižom temperaturom. Drugi dokaz je otkrio Edwin Hubble. Postavio je zakon o proporcionalnosti između udaljenosti pojedinih galaksija i njezinih crvenih pomaka. Zaključio je da su udaljenosti galaksije i njene brzine udaljavanja proporcionalne. A treći dokaz otkrio je omjera lakih elemenata. Ovaj dokaz jednostavno govori da su nakon Velikog Praska prvo nastali laki elementi. To je bilo dokazano uz pomoć deuterija, stabilnog izotopa vodika kojega nisu mogli naći u zvijezdama koje su već završile svoj životni ciklus dok u mladim zvijezdama njegova prisutnost je velika, kao i prisutnost ostalih lakih elemenata.

Isto kao što se mnogi pitaju kako je Svemir nastao, tako se mnogi pitaju kako će Svemir završiti. Do sada još nitko nije odgovorio na to pitanje i još će proći puno vremena dok se i na tu vrstu dokaza, za sada postoje samo pretpostavke. Neki znanstvenici smatraju da će se Svemir nastaviti širiti u beskonačnost i postajati sve veći i sve hladniji, drugi pak smatraju da će se širiti do određene točke i onda prestati širiti i nastaviti jednostavno postojati. Postoji i treća teorija koja govori da se u jednom trenutku Svemir više ne bude širio, nego će se po etički sužavati do točke koju zovu „Veliko sužavanje“ (Big Crunch). Naravno nitko nije siguran što će se to no bude dogodilo i kako će se dogoditi, ali jedno je sigurno, proći će još mnogo godina prije nego se uoče neke drastične promjene. Za sada jedino što preostaje je da se orijentiramo na ono što možemo otkriti o našem porijeklu.

## 2) RAZRADA:

### POVIJEST

#### a) *Rana povijest*

Uz postanak Svemira kroz povijest raspravljalo se i dane su mnoge teorije o tome kako je nastao život na samoj Zemlji. Ali glavna ideja je oduvijek bila da je život nastao spontano. Pitanje je bilo samo kako se to dogodilo? Da li iz anorganske materije ili truljenjem organskog materijala? Takva pitanja potječu u još iz stare Grčke gdje su mnogi poznati filozofi davali različite teorije, gdje se svaka kosila s drugom. Jedan od najpoznatijih filozofa Demokrit iznio je nevjerojatno to nu teoriju koja govori da se svaka tvar sastoji od čestica, tj. od atoma. Time je zaključio da je život nastao djelovanjem atoma vatre s atomima vlažne zemlje. Dalje kroz povijest u Srednjem Vijeku tadašnji znanstvenici su izvodili različite pokuse uz pomoć kojih su uspijevali „sastaviti“ različite organizme od raspadajuće materije. Taj dokaz spontane regeneracije srušio je talijanski liječnik Francesco Redi koje je dokazao da životinje koje su nastale na trulom mesu posljedica liježanja jajašaca tih vrsta životinja. Tim dokazom opet se postavlja pitanje o tome kako je život zapravo nastao. U 18. stoljeću u mnogi znanstvenici izvode različite pokuse s različitim materijalom samo kako bi dokazali svaku svoju teoriju. Jedna od poznatijih rasprava dogodila se između Johna Needhama i Lazzara Spallanzanija. Oba znanstvenika izvodili su vrlo slične pokuse, ali dobili različite rezultate. Stavili su bilo kakvu organsku tvar u posudu, zatvorili ju i ostavili sa strane. Kasnije bi pogledali da li kakvih znakova truleži. Jedina razlika kod njihovog pokusa je bila ta da je Spallanzani hermetički zatvorio svoju posudu, a Needham sa plutenim čepom. Isto tako je Spallanzani svoju posudu zagrijavao. Nakon što su otvorili svoje posude, kod Needhama su na dnu bili mali mikroorganizmi dok kod Spallanzanija nije bilo ni čega. Na kraju je Needham zaključio da je spontana regeneracija neizbježna kada se radi o organskoj tvari, tj. da na materiji koja počinje trunuti uvijek se nalaze živi organizmi. Spallanzani je pak zaključio da se rast ne može promatrati ako su poduzete prave mjere sterilizacije. Oba pokusa i dalje nisu u potpunosti odgovorila na pitanje porijekla života, jer se prvenstveno

nisu zasnivale na tome, ali su zato ne namjerno postavili pravila o pravilnoj sterilizaciji i uklanjanju mikroorganizama. Me utim rasprave i pronalaženje dokaza o postanku života se nastavljaju dalje.

*b) Razdoblje Pasteur-a*

U kasnijem razdoblju razmišljanja i eksperimenti o spontanoj regeneraciji penju se na novu razinu. Jedan od najpoznatijih znanstvenika toga razdoblja, Lous Pasteur, radio je na mnogim pokusima koji su mu donijeli veliku slavu, ali nastojao je i njima dokazati kako prava spontana regeneracija ne postoji. Me utim, ne žele i priznati, puno je naginjao prema vitalizmu (termin koji opisuje glavnu silu koja pokreće sve ostale, fizičke ili kemijske, unutar stanice). Dokazao je da postoje mikroorganizmi i u zraku i to tako da je usisao zrak kroz određenu vrstu materijala, otopio taj materijal u otopini alkohola i etera i proučavao razvoj različitih mikroorganizama pod mikroskopom. Isto, kako bi srušio hipotezu o „glavnoj sili“ napravio je pokus u kojem je prvo zagrijao zrak prije nego što bi ga stavio u sterilnu posudu. Time je spriječio nastajanje bilo kakvih organizama. Još jednim eksperimentom je potvrdio svoju teoriju o ne postojanju „glavne sile“. Taj pokus se sastojao od posuda koje su imale vrat u obliku slova S. Zbog takvog oblika nezagrijani zrak bi mogao bez problema ući u posudu, me utim bilo kakve čestice iz zraka bi ostale u sredini vrata i time bi se spriječio razvoj organizama unutar posude. Takvim jednostavnim pokusom srušio je teoriju o spontanoj generaciji, ali je zato postavio vrlo važno pitanje. Smatrao je da treba otkriti je li moguće da postoje organizmi koji su došli na ovaj svijet bez roditelja, bez predaka? U tom trenutku su znanstvenici počinjali razmišljati o tome kako je sve počelo.

*c) Razdoblje poslije Pasteur-a*

Sa sigurnošću možemo reći da o našem razumjevanju evolucije i samom podrijetlu života dugujemo znanstveniku koji je ostavio veliki trag u proučavanju biologije ne samo u svom vremenu, nego i danas. A. I. Oparin je zaslužan za objašnjavanje kako je doista moguće stvaranje života kroz različite biokemijske procese uz pomoć organske i fizikalne kemije. On sam je popularizirao termin „Podrijetlo života“. Kasnije, prilikom Oparinovom teorijom, meksički znanstvenik, Alfonso Herrera počinje proučavati „sulfobije“ (organizirane

mikrostrukture koje su izgledale kao stanice). U svome radu iznio je kako je te estice dobio iz amonijevog tiocijanata i formalina i tako er je objavio da je dobio dvije aminokiseline, neku gustu materiju i pigmente. Me utim u njegovim eksperimentima nedostajala je jedna važna stvar u odnosu na eksperimente ostalih znanstvenika. Herrera je u svom pokusu koristio polimere iz razli itih izvora, ali ne iz onih živih, dok su ostali znanstvenici koristili makromolekule koje su stvorile živi organizmi. Nažalost pokusi od Herrera su bili neuspješni, ne daju i nikakve odgovore o tome kako je život zapravo nastao. Nije uspio otkriti kako su nastali enzimi niti kako je nastao metabolizam. Ali bez obzira, njegovi radovi su ostali važni jer su dali za etak onoga što tek dolazi i što se tek treba otkriti.

d) *Nova era*

U 60-tim godinama 20. stolje a istraživanja dostižu novu razinu. Tada se više ne govori o spontanoj generaciji ve o samo samosastavljanju. Mnogi znanstvenici pokušavaju uz pomo makromolekula dobiti mikrosustave, iako mnogi smatraju kako sinteza sama po sebi ne bi bila dovoljana da održava jedan mikrosustav i zato vjeruju kako samosastavljanje igra važnu ulogu u nastanku najprimitivnijih mikrosustava. Tako da je iznijeta nova teorija koja govori kako su prvo nastale mikromolekule malih veli ina, potom su one sastavile makromolekule koje su na kraju sastavile cijele mikrosustave koji su u po etku bili jednostavni i njihovo sastavljanje se doga alo jako brzo i esto. Od tada mnogi znanstvenici izvode najrazli itije pokuse kako bi dobili jednostavnu stanicu iz organske materije. Jedan od prvih pokusa je bio sastavljanje estica uz pomo kolagena koje je izradio Schmitt. Anfinsen je pokazao fenomen samosastavljanja kod oksidirane ribonukleaze. Otkrio je da taj protein ima osobnosti aktivne ribonukleaze. Isto je tako otkriveno da se prave proteinske molekule sastavljaju u kompleksnije sustave koji su enzimski aktivni. Prvi takvi enzimi koji su bili prou avani su kompleksi piruvata dehidrogenaze i -ketoglutarata dehidrogenaze. Još jedan primjer samo sastavljanja bio je prou avan, kombinacija proteina i nukleinskih kiselina u mozai nom virusu duhana i u ribosomima. Ali još jedna stvar je nedostajala kako bi se teorija o samosastavljanju u potpunosti potvrdila, a to je nedostatak informacija, tj. kako su pojedine molekule znale kako se sastaviti i koju ulogu bi mogle imati. Svi pokusi do sada su govorili kako se informacija prenosi s nukleinske kiseline na protein. Watson je to nazvao „centralnom dogmom“



molekularne biologije. I do tada se tako smatralo da se informacija prenosi. Me utim daljnim istraživanjima po elo se razmišljati nije li pradavni sustav nastao iz reaktivne aminokiseline. To bi zna ilo da se prastanica nije razvila iz makromolekula, nego iz makromolekula s informacijom, tj. molekula koje mogu me udjelovati s drugim molekula u odre enom slijedu, a ne slu ajno. Ta teorija dala je potpuno novi pogled na to kako je prva stanica mogla nastati, kako je izgledala i koje su joj bile prve funkcije. Ovakva saznanja otvorila su nove mogu nosti za eksperimentiranjem, nova pitanja i poja ala želju za odgovorom.

### 3) ZEMLJA NEKADA:

U prošlosti, kao i danas, mnogi znanstvenici su se pitali i dalje pokušavali postaviti teorije i dati dokaze o samom postanku života, me utim, treba uzeti u obzir i to u kakvim uvjetima je taj život mogao nastati. Naime, Zemlja se u prošlosti, prije bilo kakvih organizama, jako razlikovala. Do te mjere da organizmi koji danas žive ne bi vjerojatno mogli preživjeti u uvjetima kakvi su bili tada. Ali isto tako treba pretpostaviti da su upravo i takvi uvjeti bili glavni razlog za stvaranje mnogih procesa, koji su kroz slijed mnogih reakcija omogu ili ono što danas imamo.

U po etku, po pretpostavkama, planete su nekada bile dio golemog oblaka koji se sastojao od plina i kozmi ke prašine i kretao se oko Sunca. Ve i dijelovi te prašine su hvatali one manje i s vremenom se formiralo 9 planeta koje danas poznajemo. Kada je naš planet Zemlja narasao do odre ene veli ine sila gravitacije je dodatno zgusnula cijelu materiju i ugrijala u centru Zemlje. Zbog prisustva radioaktivne tvari, koje su proizvodile veliku koli inu topline, centar je širio toplinu prema periferiji i u tim hladnijim slojevima je rastopio i skrutio vanjske dijelove. Kao rezultat, nastala je užarena lopta poznata kao naš planet, Zemlja. Razlog njezine visoke temperature je toplina koja nije bila ugra ena u kemijske spojeve, nego je slobodno isijavala sa Zemljne površine i to zbog toga što su još tada mnogi elementi bili slobodni u obliku atoma.

Takvo mjesto zasigurno nije bilo pogodno za bilo kakav razvoj ili evoluciju, pogotovo zato jer u tom razdoblju nije bilo atmosfere koja bi štitila površinu Zemlje od štetnog Sun evog zra enja i cijela bi površina planeta ostala doslovce sterilna zbog njihove male udaljenosti od svega 150 milijuna km. Tako da, za bilo kakav po etak razvoja na Zemlji, veliku važnost je doprinijela atmosfera. Ali kako je ona zapravo nastala?

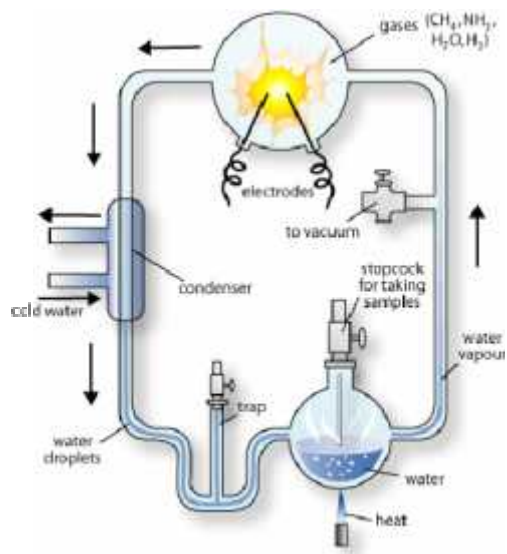
Na Zemlji, koja je tada bila samo velika užarena lopta, postojalo je mnogo vulkana koji su imali este erupcije. Erupcije su se sastojale od 97% vodene pare koja kada bi bila izba ena odlazila u atmosferu i u dodiru s kozmi kom hladno om bila ohla ena i padala na trag na Zemlju u obliku kiše, pri tom bi tako er hladila i samu Zemlju. Proces izbacivanja vodene pare i hla enje Zemlje se sve više ubrzavao i tu se pretpostavlja da su nastali prvi oceani. Isto tako je važno naglasiti da se praatmosfera bitno razlikovala od ove današnje. Ne samo po tome što je sadržavala puno vodene pare, nego nije sadržavala kisik. I upravo zbog takvih pretpostavki se moglo zaklju iti da su prvobitni organizmi bili prilago eni na uvjete bez kisika, da su vjerojatno bili fotosintetiziraju i i da su zbog tog procesa obogatili atmosferu s kisikom.

#### 4) KEMIJSKA EVOLUCIJA

Kao što je ve bilo spomenuto, u prvoj fazi Zemlje, spojevi koji su nastali sakupljanjem slobodnih atoma iz svemira (vodik, dušik, metan, vodena para, amonija) mijenjali su uvjete na toj još uvijek užarenoj kugli, ali prava prekretnica se dogodila pojavom vode koja je nastala uslijed kondenzacije vodene pare i njezinog padanja u obliku kiše na Zemlju pri emu su nastali prvi oceani. Zbog isparavnja zemaljska kugla bila je obavijena gustim oblacima koji su onemogu avali ja e prodiranje sun evog svijetla. Uz to, velika obla nost je izazvala pojavu elektri nog pražnjenja u obliku munja, ali u mnogo ve im razmjerima nego danas. Tako je Zemlja bila bogata energijom koja se osloba ala u obliku elektri ne, toplinske, a bila je prisutna i energija Sunca, tj. svjetlosna energija. Upravo te energije bile su korisne za sintezu mnogo kompleksnijih spojeva, u koje su se one ugra ivale u obliku kemijske energije. Naravno, uz energiju, najvažniji faktor je bila voda kao medij u kojem su se mogle provoditi sve kemijske reakcije i u kojoj su se mogli otapati mnogi novonastali spojevi. Tako je nastala danas poznata prajuha. Nastankom tih spojeva evolucija je mogla krenuti dalje. Pitanje je samo bilo: što se dalje razvijalo?

Ako se uzme u obzir da su prvo nastali jednostavni spojevi kao što su voda, metan, amonijak, vodik, logi ki bi bilo zaklju iti da su dalje nastali kompleksniji spojevi sastavljeni od upravo tih elemenata, a pošto je tih elemenata i same energije bilo u izobilju mogli su nastati duga ki lanci sastavljeni od manjih jedinica tih spojeva ili su se ti spojevi mogli pregrupirati i opet stvoriti nešto sasvim novo. Upravo se to i dogodilo. Kombiniranjem triju naj eš ih elemenata: ugljika, vodika i kisika iz vode nastali su kompleksni spojevi kao što su ugljikovodici, masne kiseline, jednostavni

še eri, duši ni spojevi, aminokiseline i dr. Nastanak tih spojeva dokazao je poznati američki biokemičar Stanley L. Miller 1953. godine (Slika 1). U okrugloj staklenoj tikvici imitirao je hipotetički sastav nekadašnje praatmosfere, stavivši u nju vodik, vodenu paru, metan i amonijak. U tikvicu su bile utaknute i dvije tungstenove elektrode koje su povremeno izbacivale električne iskre od 60000 volti, a sve je bilo podvrgnuto cirkulacijskom sistemu koji se pokretao grijanjem vode u drugoj, manjoj tikvici. Nakon određenog vremena plinovita tvar je kondenzirala u tekuće stanje. Analizom kondenzirane tekućine Miller je otkrio da su se u njoj nalazili spojevi koji su isti po sastavu kao aminokiseline glicin, -alanin i -alanin.



Slika 1: Pokus Stanley Miller-a kojim je dokazao stvaranje složenih iz jednostavnih spojeva.

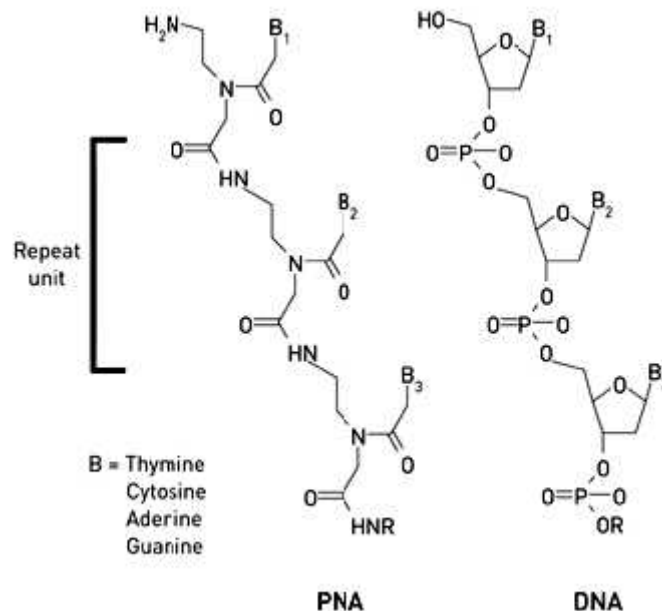
Zaključio je da su se uz djelovanje električnog pražnjenja iz jednostavnih spojeva sintetizirali složeniji spojevi ugljika, kisika i dušika bez prisustva mikroorganizama. Zahvaljujući njegovom pokusu mnogi znanstvenici smatraju da je biološkoj evoluciji prethodila kemijska evolucija. Naravno, daljnom sintezom, mogli su nastati još kompleksniji spojevi kao što su na primjer, bjelanevine. Njihovim nastankom one su mogle preuzeti funkciju enzima, pa su mogle nastati složenije enzimske tvari i neke druge tvari manje molekularne mase. One su mogle katalizirati polimerizaciju šećera u polisaharide i nukleotide u polinukleotide ili nukleinske kiseline. Znanstvenici smatraju da je to moglo biti moguće zbog toga što su tada već vjerojatno postojali spojevi jednostavnih šećera, kao i molekule dušičnih baza koje su se mogle relativno lako vezati s fosfatima i već spomenutim šećerima, stvarajući nukleotide,

gra evne jedinice nukleinskih kiselina. Tako er su se mogle pojaviti enzimatske molekule, koje su katalizirale spajanje masnih kiselina i alkohola u masti. Sagledavaju i sve ove molekule koje su mogle nastati tijekom kemijske evolucije pa ak i one koje su same sintetizirale bile bi dovoljne da sagrađe jedan normalno funkcionalni organizam, jer organizam se sastoji upravo od tih molekula. Me utim, same molekule nisu dovoljne. Potrebno je još nešto više što bi organizmu omogu ilo preživljavanje, prilagodbu i najvažnije reprodukciju, a to su geni.

## 5) RNA SVIJET

Mnogi znanstvenici u ve ini su se složili da živa stanica ne može jednostavno nastati iz nežive tvari u jednom koraku. Zbog toga smatraju da je prije morao postojati nekakav intermedijar predstani nog života. Me u svim teorijama, najpopularnija je ona o RNA svijetu koju su zastupali Gilbert, Orgel, Crick i Maddox. Ona govori o polimerizaciji nukleotida u samorepliciraju e RNA molekule koje su mogle nastati iz samorepliciraju i ribozima (enzimi). Sama RNA je nukleinska kiselina koja se sastoji od nukleotidnih monomera ija je funkcija da djeluje kao glasnik izme u DNA (koja se nalazi u svim živim organizmima i glavni je nositelj genske upute) i ribosoma koji su zaslužni za sintezu proteina i nukleinskih kiselina. 1968. Orgel i Crick su predložili da je RNA bila prva molekula s genetskim kodom. Prema njima RNA ne samo da je bila predložak, tj. glasnik, nego je imala ulogu i enzima što joj je omogu ilo da se samoreplicira. Upravo zbog tih svojstava smatralo se da je RNA bila ta koja je prva inicirala pojavu života. Me utim, to an doga aj koji je prethodio postanku RNA svijeta još uvijek nije razjašnjen. Isto tako se smatra da su se same molekule RNA pojavile prije 3.6 milijardi godina, ali RNA organizmi da su se tek pojavili prije 100 milijuna godina. Uz ovu teoriju neki znastvenici tvrde da je i sama DNA mogla stvoriti život, me utim, tu dolazi do problema jer molekuli DNA su potrebni proteini kako bi se replicirala. Tu se navodi pitanje: Što je bilo prije? DNA ili proteini? Nitko to ne može sa sigurnoš u odgovoriti, ali obje teorije, svaka za sebe, imaju vrste pristaše koji nastoje dokazati ispravnost teorije koju zastupaju. Ali za RNA svijet otkriveni su još neki tragovi koji bi mogli dokazati da je RNA bila za etnica života. Mnoge male molekule zvane kofaktori igraju važnu ulogu u reakcijama kataliziranim enzimima. Te molekule esto nose prihva enu RNA molekulu bez neke vidljive funkcije i nazvani su „molekularnim fosilima“. To su relikti iz doba kada je samo

RNA vladala biokemijskim svijetom. Naravno uz teorije o tome što je prethodilo živom organizmu tako er se postavlja pitanje kako je sama RNA nastala. Znanstvenici Stanley Miller i Orgel su predložili teoriju o PNA svijetu. Oni su smatrali da, pošto je RNA molekula relativno komplicirana, moralo je postojati nešto što je prethodilo RNA svijetu. Tu su predložili malu, jednostavnu molekulu PNA (peptidna nukleinska kiselina). Smatra se da je ona bila prva sa samorepliciraju im sposobnostima i da su je prvi organizmi na Zemlji koristili za geneti ku informaciju, ne samo zbog jednostavne gra e, nego i zbog spontane polimerizacije na temperaturi vrenja. PNA se sastojala od baza koje su bile pri vrš ene na strukturu sli nu peptidima za razliku od RNA koja ima glavnu strukturu sastavljenu od še ernih fosfata (Slika 2).



Slika 2: Strukture PNA (sli na peptidima) i RNA (od še ernih fosfata).

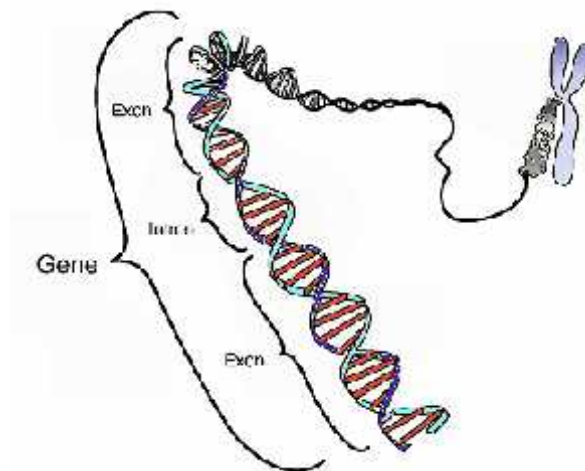
Po nekim znanstvenicima od tih molekula se trebao sastojati predstani ni život, ali nažalost za to nema dokaza. Isto tako je važno napomenuti da postoje i problemi koje se ti u same molekule RNA. Naime ona sama po sebi je relativno nestabilna molekula, pogotovo kada izložena UV-svijetlu, poteško e kod aktivacije i nedostatak dostupnih fosfata u okolišu koji su potrebni za njezinu gra u. Kada se sve to sumira RNA je kemijski jako krhka molekula koju je teško sintentizirati abioti ki. Za rješenje tih problema neki su predložili postojanje odre enog genetskog sustava koji je prethodio RNA molekuli, kao što je ona prethodila DNA molekuli i proteinima. U tu pri u ulazi PNA, ali pošto to nije sa sigurnoš u dokazano ne možemo znati da li je stvarno bilo tako. Sve u svemu, za etak genetske informacije i naslje ivanja je zapo eo s RNA i

daljnom evolucijom se nastavio na DNA koji je zahvaljuju i svojim sposobnostima omogu io razvoj najrazli itijih organizama.

## 6) DNA MOLEKULE EVOLUCIJA GENA I NASTANAK

### a) Podrijetlo gena:

Molekula zajedno sa genima je najvažniji faktor preživljavanja u današnjem svijetu. Ne samo da omogu uje prilagodbu na nove uvjete i time uspješno preživljavanje jedinke, nego je i u mogu nosti eliminirati neželjene osobine koje bi ina e stajale na putu normalnog razvoja pojedinog organizma. Ali kako je zapravo došlo do svega toga? Kako su se pojedine aminokiseline odlu ile spojiti i stvoriti kodove koji e odre ivati sposobnosti nekoga organizma? Postoji nekoliko teorija od kojih svaka ima svoje prednosti i nedostatke, ali su i dalje zagovarane od strane mnogih znanstvenika. Kako bi se dokazala ispravnost tih teorija ispituju se svojstava i podrijetlo podru ja od kojih se sastoje sami gen. To su introni i egzoni. Introni su nekodiraju e regije gena i imaju ih ve ina organizama (Slika 3).



Slika 3: Položaj introna i egzona unutar gena.

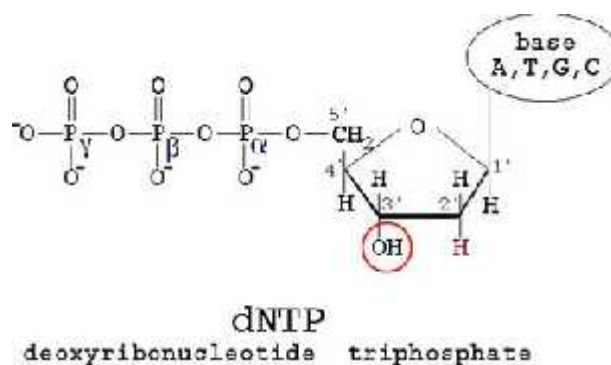
Otkriveno je da se te nekodiraju e regije pojavljuju eš e u viših vertebrata nego kod jednostvnijih organizama, a prvi put su otkriveni kod virusa. Nakon njihova otkri a mislilo se da introni nemaju nikakvu ulogu pošto se oni uklanjaju s RNA prekursora kako bi se uspješno stvorila stabilna mRNA, rRNA ili tRNA. Me utim sada je poznato da neki introni sami kodiraju specifi ne proteine ili mogu nakon izrezivanja sami stvoriti nekodiraju u RNA. Alternativno izrezivanje se koristi za

stvaranje puno jedinica proteina od samo jednog gena. Isto tako, neki introni predstavljaju mobilne genetske elemente i mogu se smatrati kao primjeri „sebi ne DNA“. Za razliku od introna, egzoni su kodiraju e regije i imaju veliku ulogu u prenošenju nasljednih osobina ne sljede e generacije. Ali samo podrijetu introna i egzona nije u potpunosti razjašnjeno ve se samo nizaju teorije o njihovom postanku. Postoje dvije strane o postanke gena. Prva govori da su introni bili ti koji su stvorili prve gene, a druga da su introni dodani naknadno u geneti ki kod. Do sad niti jedna teorija nije dokazana i vode se duge rasprave o tome koja je strana u pravu. Ta se rasprava još više zakomplicirala kada je otkriveno da bakterije nemaju uop e introne dok viši vertebrata imaju. Ovdje je svaka strana iznijela svoje mišljenje. Prva govori da su introni bili tamo na po etku, ali su naknadno izgubljeni dok druga strana govori da ih u po etku nije niti bilo nego su naknadno dodani kod viših organizama. U holomognim genima introni se mogu na i na sli nim, ali ne i identi nim, pozicijama izme u gena koji su razdvojeni velikim evolucijskim udaljenostima. Zagovornici teorije o ranom nastanku introna tvrde da te pozicije predstavljaju isti, originalni intron koji se vjerojatno malo pomaknuo kroz evoluciju. Dok pak oni koji zagovaraju teoriju o kasnom ostanku introna tvrde da ti introni nisu mogli postojati na naoko sli nim pozicijama u istom genu, nego da su te slu ajnosti samo dokaz umetanja introna. Postoje tri mogu nosti za evolucijsku povijest introna. Prva je da su introni postojali na samom po etku i da su tijekom evolucije izgubljeni ili ve inom izgubljeni ili dodani. Ovaj kompleks ideja se zove Egzonska teorija gena (The Exon Theory of genes). Najdrasti nija alternativa je da su introni dodani jako kasno u evoluciji i nemaju nikakve veze sa reorganizacijom dijelova gena. Još jedna popularna teorija govori da su introni nastali razvojem mnogostani nosti. Prate i teoriju, smatra se da je eksplozija u Kambriju iskoristila introne kako bi stvorila miješanje egzona i obilje novih gena. Sama ideja egzonskog mješanja je da su introni glavne to ke za genetsku rekombinaciju, što je svojstvo koje bi introni imali jedino zbog svoje duljine. Oni utje u na stopu homologne rekombinacije me u egzonima što zna i da što su introni dulji manja je stopa rekombinacije, ali najvažnije oni utje u na nehomolognu rekombinaciju i što u ovisnosti o njihovoj duljini. Egzonska teorija gena je specifi na, jer smatra da su se prvi geni sastojali od malih dijelova, a glavni elementi te teorije su da su geni i egzoni bili sastavljeni od polipeptidnih lanaca od oko 15-20 aminokiselina duljine, da glavna metoda evolucije za

stvaranje novih gena je bilo miješanje egzona i da je glavni trend evolucije bio da izgubi introne i spoji male egzone zajedno kako bi napravila kompliciranije. Zato se smatra da su glavni evolucijski procesi bili rekombinacija me u intronima, pomicanje introna kako bi se promijenila sekvenca aminokiselina i gubitak introna, što može promijeniti strukturu gena, ali ne utječe na strukturu proteina. Iako nedokazane, svaka teorija nam daje mali uvid u ono što se moglo događati na početku evolucije, ono što je dovelo do nastanka kompleksnih struktura koje nam omogućuju prilagodbu, daju nam naš izgled i kontroliraju najvažnije funkcije koje nas čine živima.

b) *Postanak DNA molekule:*

Sve danas postojeće stanice posjeduju dvolančanu DNA molekulu koja gradi gene, a nalazi se u samoj jezgri stanice ili u slučaju nekih jednostaničnih organizama kao slobodna zavojnica u citoplazmi. Smatra se da su prve DNA molekule bile puno manje i kraće od današnjih. Isto tako postoji mišljenje da su postojali mnogi intermedijeri koji su postojali tijekom evolucije pri prijelasku od RNA do DNA. Prvi korak pri postanku DNA bila je dostupnost DNA prekursora zvanog dioksiribonukletidtrifosfat (dNTP) (Slika4).

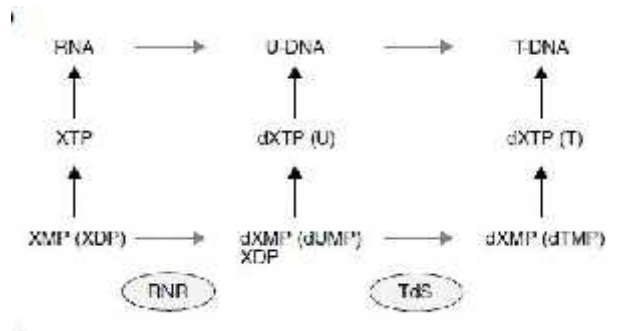


Slika 4: Struktura dNTP-a.

Taj prekursor također još uvijek postoji i u modernih stanica, a dobiva se u nekoliko koraka. Prvi je redukcija RNA prekursora uz pomoć ribonukleotid reduktaze, a potom proizvodnja deoksitimidin-5'-monofosfata (dTMP) od deoksiuridin-5'-monofosfata (dUMP) uz pomoć timidin sintaze. Zbog toga se smatra da i prijelaz iz RNA do DNA se trebao isto dogoditi u nekoliko koraka, s

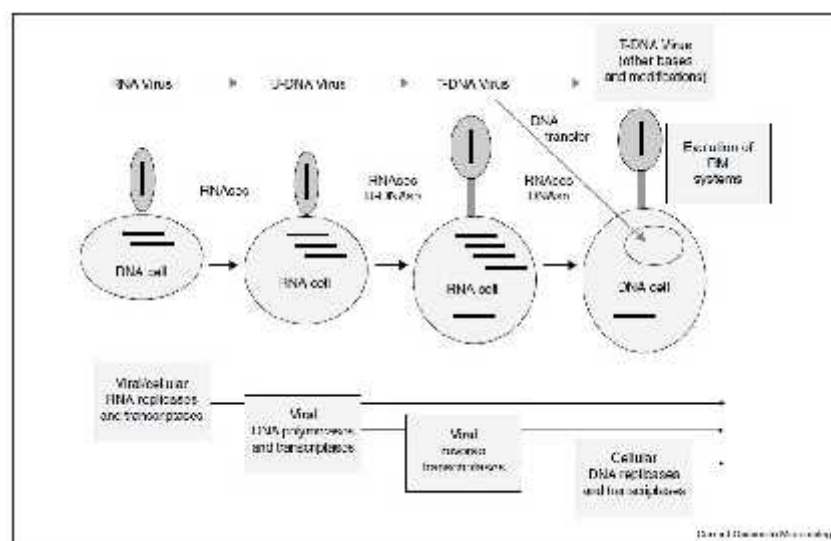


DNA koja sadrži uracil (U-DNA) kao prva koja se pojavila i potom s DNA koja sadrži timin (T-DNA) (Slika 5).



Slika 5: Koraci koji su omogućili stvaranje DNA iz RNA.

Međutim, važno je postaviti pitanje: zašto se DNA uopće pojavila? Mnogi znanstvenici tvrde da je to zbog toga što je DNA, za razliku od RNA, mnogo stabilnija molekula i može se to nije replicirati što da je mogućnost evolucije veći genom koji zauzvrat mogu kodirati veće i mnogo kompleksnije proteine. Isto tako, posebno je svojstvo to da se DNA može popraviti ako dođe do deaminacije citozinom što RNA ne može. Predlaže se da prvi organizam koji je sadržavao U-DNA bio virus što mu je dalo selektivnu prednost, tj. zaštitu od strane RNA inaktivacijskog mehanizma njegova domaćina. Isto tako je zanimljivo da i današnji neki virusi i dalje imaju U-DNA dok drugi kao na primjer T4 bakteriofagi imaju modificiranu formu T-DNA molekule isto radi zaštite (Slika 6).



Slika 6: Razvoj jednog od prvih organizama koji je sadržavao U-DNA.

Mnogi virusi sami stvaraju svoju ribonukleotid reduktazu i/ili timidin sintazu kao i što stvaraju sami svoje proteine za DNA replikaciju. Zbog tih svojstava mnogi smatraju da se mehanizam DNA replikacije pojavio prvo kod virusa prije nego se transportirao u ostale stanice. Vrlo je lako zamisliti da je RNA stanica uspjela transformirati svoj genom u DNA uz pomoć retrotranskripcije kako bi postala otporna na virusne Rnaze ili da je DNA virus ušao u takvu stanicu i preuzeo potpunu kontrolu stanice i time je uklonio RNA genom. Takvi događaji sugeriraju da su DNA virusi već postojali u starijem razdoblju RNA svijeta. U svakom slučaju, prolaze i kroz sve ove teorije može se lako zaključiti da su virusi doista drevni organizmi koji su bili među prvim koji su se pojavili na Zemlji.

Uz prije spomenute teorije o postanku DNA nedavno je otkriveno da sam prijelaz iz RNA u DNA je mnogo kompleksniji nego što se mislilo. Time se postavlja pitanje da li se možda DNA pojavila nekoliko puta tijekom evolucije života na Zemlji. Najzanimljivije otkriće bilo je nove skupine timidine sintaze (ThyX) koje nisu homologne uobičajenoj skupini (ThyA). Iz toga se može zaključiti da je taj enzim nastao dva puta tijekom evolucije, a time je i možda T-DNA nastala dva puta kod dvoje različitih organizama koji nisu zajedno povezani. Ti dokazi dovode do zaključka da se U-DNA molekula razvila iz tri grane ribonukleotid reduktaza od kojih svaka ima drugačije kofaktore i međusobno imaju malo ili nikakve sličnosti. Jedina sličnost koja je nedavno otkrivena je ta da sve te reduktaze zajedno dijele homolognu katalitičku koru. Naravno to po mišljenjima znanstvenika nije igralo veliku ulogu, nego je samo služilo za dokaz da svaki taj enzim nastao od zajedničkog pretka. Međutim svaki od njih koristi drugačiju proteinsku domenu za završetak reakcije i zato se smatra da se svaki mogao razviti neovisno jedan o drugome i stvoriti tri različite grane koje su mogle dovesti do razvoja triju različitih DNA molekula za tri različita organizma.

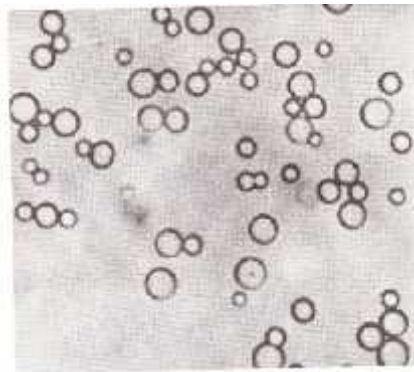
## **7) NASTANAK PRVE STANICE, PROGENOT I LUCA**

### *a) Prva stanica:*

Upoznavajući se sa svim teorijama o nastanku prvih molekula na pradaвноj Zemlji do organizacije tih molekula u kompleksnije spojeve i na kraju do nastanka prvih genoma ostaje nam jedno važno pitanje. A to je: na koji način su se ti spojevi

organizirali da bi stvorili jednu funkcionalnu stanicu koju danas poznajemo? Iako se takvo pitanje čini teško za odgovoriti i u jednu ruku je, istraživanja su pokazala da i nije tako teško postići i organizaciju tih molekula.

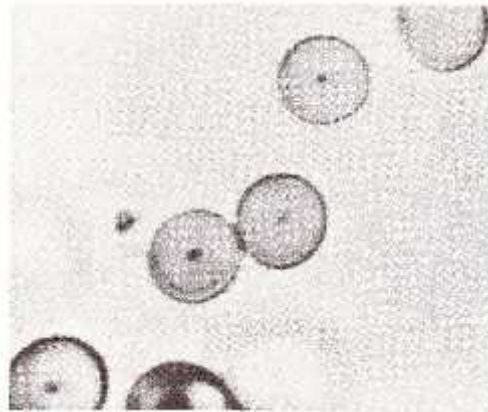
Prvi koji je predložio da se određene molekule mogu same organizirati bio je Wald koji je temeljio svoje teorije na eksperimentima koje je radio Schmitt. Njegovi eksperimenti su se zasnivali na dva modela protostanice: Koacervatne kapljice i protenoidne mikrosfere. Proces nastanka ovih malih jedinica je jednostavan, ali i izrazito brz. Isto tako je primjetno da iako su takve jedinice kompleksnog sastava, sastojci od kojih nastaju su vrlo jednostavni. Kod našeg primjera protenoidnih mikrosfera najvažniji sastojci su lanci aminokiselina i voda ili nekakva slana otopina. Njihovom interakcijom mogu se dobiti male mikrosfere sa posebnim svojstvima. One su okruglog oblika, mikroskopske veličine i jednakog promjera (Slika 7).



Slika 7: Izgled protenoidnih mikrosfera i njihovo nakupljanje u klasterne.

Njihov oblik se može mijenjati ovisno o prisutnosti drugih mikroorganizama. Na primjer kada se u blizini nalazi kvasac, mikrosfere poprimaju oblik streptokoka. Također neke razlike u obliku i veličini mogu biti pod utjecajem određenih organizacijskih elemenata pronađenih u nekim meteoritima ili kod mikrofosila pronađenih u prapovijesnih geoloških slojeva. Sama jednakost u veličini i obliku ovih mikrosfera pokazuje veliku sličnost sa stanicama. Također njihova jednakost daje nam uvid u njihovo precizno kontrolirano uravnoteženo stanje između procesa agregacije i deagregacije, kohezije i širenja. Čini se da mnogi faktori utječu na kontrolu njihove veličine. A to su: različiti polimeri, gustoća otopine, koncentracija elektrolita, temperatura otopine, brzina hlađenja otopine i dr. Daljnim proučavanjem otkrivena su pojedina strukturna svojstva mikrosfera. Na primjer one posjeduju koncentrične granice. Elektronskim mikrografom također je

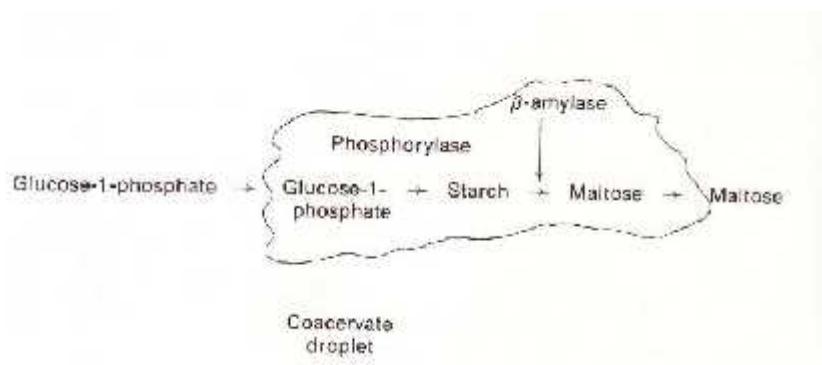
otkrivena ultra struktura koja je vrlo sli na kao kod nekih jednostavnih bakterija. Isto tako, uo ena je dvostruka membrana koja je vrlo sli na kao kod onih u stanice. Još jedna važna sli nost sa stanicom je mogućnost osmoze. Naime, kada se mikrosfere prebace iz hipertonične u hipotoničnu otopinu ili obrnuto one se povećaju ili smanje. Smatra se da daljnom evolucijom su mikrosfere dodale lipide u svoje membrane kako bi povećale svoju stabilnost i povećale u inak selektivne propusnosti. I na kraju je otkriveno da mikrosfere imaju mogućnost proliferacije pupanjem (Slika 8) ime se može zaključiti kako su se nekada davno one širile i tvorile vrlo jednostavne mikrosustave. Ali postoji pretpostavka da one nisu same sintetizirale svoje proteine već da su iz okoline uzimali sastojke koji su im bili potrebni što dovodi do zaključka da su prvi organizmi najvjerojatnije bili heterotrofi.



Slika 8: Prikaz mikrosfera i njihove sposobnosti pupanja.

Uz protenoidne mikrosfere, najpoznatiji modeli predstani nog života bile su koacervatne kapljice. Njih je prvi proučavao Oparin kao moguć i za etak života. Uspio ih je dobiti kombinirajući otopine s suprotno nabijenim koloidima, tj. sa želatinom i gumiarabikom. Zajedno kombinirane ove otopine formiraju klasterne. Kada ti klasteri dosegnu određenu veličinu oni se razdvoje iz otopine u obliku kapljica i sastoje se od organske faze koacervata. Nakon što se koacervane kapljice formiraju, one mogu uzimati materijale iz vanjskog medija. Uzimanje tvari iz okoline uzrokuje vrlo brzo stanje ravnoteže i one postaju pasivne. Uzimaju i u obzir njihovu mogućnost apsorpcije tvari iz okoline, Oparin je napravio eksperiment koji je dokazao samu aktivnost kapljica. On je napravio kapljice iz gumiarabike i histona na pH 6.2 i pritom dodao fosforilazu tijekom njihove formacije. Nakon što su kapljice bile formirane Oparin je u otopinu otopio

glukozu-1-fosfat i otkrio da pri apsorpciji kapljice su iskoristile enzim prisutan u njihovoj strukturi i proizvele škrob (Slika 9).



Slika 9: Pokus kojim je Oparin dokazao da koacervatne kapljice uzimaju tvari iz okoline i da imaju određenu aktivnost.

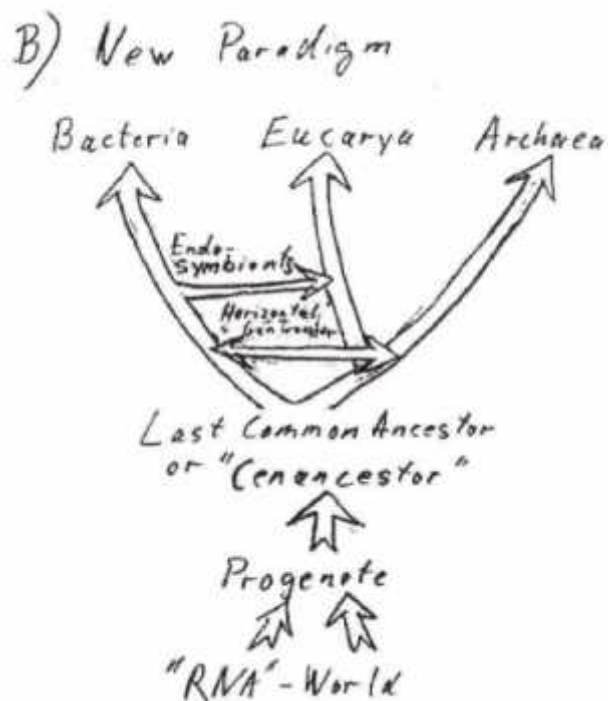
Kasnije su bili provedeni različiti eksperimenti pri kojima su dodavani različiti enzimi i supstrati. Oparin je tim eksperimentima dao veliki doprinos u istraživanjima o podrijetlu života i zaključio da u davnoj prošlosti su morali postojati „otvoreni sustavi“ koji su primali potrebne tvari iz okoline kako bi se održali.

Mnogi znanstvenici i dalje raspravljaju o sličnostima i razlikama između protenoidnih mikrosfera i koacervatnih kapljica dok neki pak tvrde da su one identične. Međutim postoje neke vrlo važne razlike. Kapljice nisu ni približno toliko stabilne i brzo se raspadaju. Isto tako one se stasaju jednog ili više polimera dobivenih iz živih sustava dok su mikrosfere građene od polimera koji su pak sastavljeni od monomera pod utjecajem uvjeta koji su nekada vladali Zemljom. Smatra se da su zbog svoje građevine i stabilnosti protenoidne mikrosfere jedine za koje se može smatrati da su bili prvi pravi predstavnici predstani nog života i dokaz kako je prva prava stanica mogla nastati.

*b) Progenot:*

Današnji znanstvenici koriste ime Progenom na dva načina: 1. Određuje stupanj organizacije koji prethodi pravoj stanici, ali ima organizaciju prokariota i 2. Označuje zadnjeg zajedničkog poznatog pretka LUCA-u ili cenancestora. Prema nekim teorijama LUCA je imao organizaciju kao u prokariota, međutim znanstvenim analizama u molekularnoj evoluciji zaključilo se da je LUCA možda čak i bio prokariot. S takvim znanjem trebalo bi se zaključiti da Progenot

predstavlja određen stupanj organizacije koji je bio sličan pradašnjim prokariotima. Woese i Fox su smatrali da su se eukarioti razvili od prokariota, ali samo u smislu stupnja organizacije, a ne filogenije. Zajedno s tim, smatrali su da su se prokarioti razvili iz jednostavnih organizama i da su to vrlo vjerojatno bili Progenoti zato jer, su se još uvijek nalazili u procesu evolucije između genotipa i fenotipa. Organizmi koji imaju prokariotsku organizaciju sadrže genome koji kodiraju različite biokemijske reakcije i strukturne funkcije. Također sadrže reakcije kao što su replikacija genoma ili translacija genetske informacije. Znaju i da je organizacija prokariotske stanice jako kompleksna i vjerojatnost da su prvo nastale stanice s prokariotskom organizacijom iz aktiviranih nukleotida i aminokiselina je gotovo jednaka nuli, znanstvenici su zato zaključili da su morali postojati neki mehanizmi koji su doveli od prvih polimera do prve stanice. Za te intermedijere se smatraju ti progenotu nalik organizmi. Upravo zbog toga se smatra da je LUCA bio progenot jer je imao organizaciju mnogo jednostavniju od najranijih prokariota. Isto tako, Woese i Fox smatraju da je LUCA bio predak svih triju carstava: bakterija, arheobakterija i eukariota. I da su se sva tri carstva razvila neovisno jedan o drugom, ali paralelno iz Progenota (Slika 10).



Slika 10: Prikaz teorije kojom se smatra da je LUCA bio predak triju carstava.

Još je puno pitanja ostalo neotkriveno jer iako ova tri carstva dijele slične karakteristike sa LUCA-om to ne znači i da su sva ta carstva dobila te osobine od njega: lako je moguće da su se karakteristike pojavile tek kasnije u evoluciji ili su prošle horizontalnim prijenosom gena. Sve u svemu, smatra se da je LUCA glavni predak prvih stanica, a da je Progenot samo izraz koji predstavlja određenu organizaciju stanice koja je prethodila svima ostalima.

c) *LUCA*:

Jedno od najvećih dostignuća u molekularnoj kladistici bilo je usporedba malih ribosomalnih RNA sekvenaca, što je omogućilo konstrukciju velikog filogenetskog stabla u koje se svi organizmi mogu svrstati pod tri velike monofiletske skupine: eubakterije, arheobakterije i eukarioti. Ova carstva sadrže međusobno neke sličnosti koje mogu biti posljedica zajedničkog pretka iz koje su se ove tri linije razvile. I taj zajednički predak se zove LUCA ili cenancestor. Nažalost, nikakvi fosili takvog pretka nisu naći, ali uvid u njegovu prirodu može se odrediti iz molekularnih podataka. Sa kladističkog gledišta, LUCA je jednostavno popis svih organizama koji se nalaze na vrhu molekularnog stabla. Međutim, sa evolucijskog gledišta, razumljivo je za pretpostaviti da su preci svih živih organizama morali biti manje kompleksni nego i od najjednostavnije stanice. Uz to, teorija da je LUCA ustvari progenot čija genotipska i fenotipska povezanost je vrlo mala ili nikakva, je odbačena uz pretpostavku da LUCA nije bio direktan predak RNA svijeta već da su prije njega postojali puno jednostavniji oblici organizacije stanica. Upravo zbog toga proučavani su različiti oblici prijenosa genoma i otkriveno je da oni imaju mozaičnu strukturu čije komponente su mogle doći i od strane filogenetski različitih i razdvojenih vrsta donora. Kao rezultat toga, široki spektar rekombinacijskih procesa su bili opisani, od homologne rekombinacije gena uz pomoć konjugacije, transdukcije ili transformacije do stanične fuzije što uključuje organizme sličnih ili različitih domena. Definirati prirodu LUCA-e je i dalje težak zadatak u proučavanju rane evolucije života na Zemlji zbog kompleksnosti samih evolucijskih procesa, nedovoljnog razumijevanja samih tih procesa i zbog ograničenog materijala koje smo naslijedili i koji bi nam zasigurno olakšali sastavljanje uvjeta koji su vladali na Zemlji kao i određivanje prave prirode LUCA-e.

U pokušaju da se odredi prava priroda LUCA-e postavlja se pitanje kakav je genom sadržavalo. DNA ili RNA? Sa sigurnoš u se zna da danas ve ina živu ih organizama ima DNA genom i zbog toga su mnogi prepostavili da i LUCA tako er je morao imati DNA. Me utim, Woese je predložio drugu teoriju. On je smatrao da je nekada postojao progenotusli an predak sa genomom koji se brzo razvijao, a sastojao se od dezagregiranih, vrlo malih molekula RNA. I ostali su se bili s njim složili predlažu i da je LUCA doista imao RNA kao genetski polimer. Ali, takva teorija se nije mogla dokazati zbog limitiraju ih resursa od samo dvije parazitske bakterije iji genomi su bili pod utjecajem polifiletskog gubitka gena. Neki znanstvenici su prou avali setove primaza, replikativnih polimeraza i ostalih proteina koji su uklju eni u DNA replikaciju i predložili alternativnu shemu koja uklju uje hibrida RNA/DNA cenancestorskog genetskog sustava iji kompleksan replikacijski ciklus uklju uje reverznu transkriptazu. Kao što je ve bilo prije spomenuto, teorija da je RNA prethodila DNA kao genetski materijal nije bila prihva ena upravo zbog boljih svojstava koje ima DNA u odnosu na RNA. To su na primjer njezina stabilna struktura i mogućnost bolje replikacije i manji postotak gubitka gena. Zato se sa sigurnoš u može pretpostaviti da je LUCA sadržavao DNA genom.

U odre ivanju prirode cenancestora esto se uspore uju tri glavna carstva molekularnog stabla. Genomi arhea i bakterija su vrlo sli ni u veli ini i replikacijskom mehanizmu dok su genomi eukariota ne samo mnogo druga iji me u razli iti organizmima unutar carstva nego se jako razlikuju i od samih prokariota. Uobi ajeno je za pretpostaviti da su se eukarioti razvili iz prokariota što tako er dovodi do pretpostavke da je LUCA imao genom sli an prokariotu ili ak jednostavniji. Ta tvrdnja je podržana kod prou avanja geneti kog stabla kod bakterija ili kod tvrdnje da su eukarioti nastali spajanjem bakterija i arhea. Me utim, kao sve tvrdnje o postanku prvih organizama, teško je sve sa sigurnoš u dokazati. Sagledavaju i neke injenice, može se pretpostaviti da je LUCA bio predak svih danas živu ih organizama, da je imao stani nu organizaciju vrlo sli nu prokariotima, samo jednostavniju i da je vrlo vjerojatno imao DNA kao genetsku informaciju, ali nije sigurno da li je on nasljednik RNA svijeta.



## 8) TEORIJA PANSPERMIJE

Panspermija je termin koji nam daje alternativu za nastanak života na Zemlji, tj. za abiogenezu (stvaranje žive tvari iz nežive). Ta teorija govori da primitivni život možda vu e podrijetlo iz svemira. Smatra se da sjeme života sveprisutno i da je ono moglo donijeti život na Zemlju kao i na druge planete u svemiru. 1903. Svante Arrhenius je postavio teoriju da su mikrobne spore bile vu ene kroz svemir od strane radijacije koje su emitirale zvijezde i da su one bile te koje su zapo ele život na Zemlji. Te spore su putovale kroz svemir zašti ene meteorima od šetnog ultraljubi astog zra enja. Prema teoriji život na Zemlju je iz svemira došao prije 4 milijarde godina kao posljedica pada puno meteorita koji su sadržavali mikroorganizme. Isto tako neki tvrde da život koji se nalazi u svemiru dolazi od jednog velikog pretka, kao što su na primjer tvrdili Hoyle i Chandra Wickramasinghe. Oni smatraju da, vode i se za ovom teorijom, novi oblici života i danas stalno dolaze na Zemlju i da su oni možda odgovorni za epidemije bolesti i genetske novosti koje su bitne za mikroevoluciju. Oni vrsto vjeruju da je meteorit koji je pao na Zemlju prije 4 milijarde godina sa svojim organskim materijalom odgovoran za postanak života na Zemlji. Isto tako smatraju da su estice prašine u me uzvjezdanom mediju bile kompleksne konstrukcije i da njihovo uklju enje unutar meteorita dovelo do transformacije prebioti ke materije u primitivne bakterijske stanice. Tako er je Zemlja mogla dobiti putem meteorita još kompleksnije molekule s enzimatskim funkcijama, molekule koje su bile prebioti ke, ali bile dijelom sustava koji je ve bio na dobrom putu prema bioti kom sustavu. Nakon što su takve molekule dospjele na naš planet mogle su nastaviti svoju evoluciju prema prvoj stanici i prema tome, život je mogao imati korijenje i u svemiru i na Zemlji. Istaživanja su otkrila da u svemiru postoji najjednostavnija amino kiselina Glicin u gustom oblaku me uzvjezdanog plina koji se nalazi u središtu Mlije ne Staze i zove se Sagittarius B2 što je dokazalo da je vjerojatno me uzvjezdani prostor igrao važnu ulogu u kemijskoj evoluciji Zemlje. Tako er postoje nalazi fosiliziranih mikroorganizama prona enih unutar 4.6 milijardi starom Murchison meteoritu koji je pogodio kontinent Australiju 1969. godine. Prona eni organizmi su bili identificirani kao bakterija koja je sposobna preživjeti ekstremne uvjete što je dovelo do pretpostavke da je prvi život mogao nastati negdje u dalekom svemiru prije nego što je meteorit pao na Zemlju.

Ova teorija panspermije nam daje uvid u to kako je moglo do i do razvoja života na Zemlji i iako je mnogi znanstvenici podržavaju ona ipak ima neke nedostatke. Smatra se da bi mikroorganizam uopće „zarazio“ Zemlju morao biti dosta kompleksan u odnosu na trenutne prokariote i da nije mogao biti progenot za kojeg se misli da je po etni oblik prve stanične organizacije. To je zato što progenot sam po sebi bi imao male šanse da „zarazi“ Zemlju radi svoji jednostavnih karakteristika. Jedna od tih karakteristika je da se vjerojatno ne bi mogao prilagoditi rastu u drugačiji uvjetima od onih koji su tada vladali na Zemlji i zbog toga teško da bi mogao se razviti na nekim drugim planetima. Druga je da vjerojatno ne bi preživio tako dug put kroz svemir do našeg planeta pošto je on sam po sebi vrlo jednostavne organizacije čiji genotip i fenotip nisu potpuno razvijeni da bi mogli međusobno surađivati. Isto tako ti progenoti su vjerojatno okupirali jako specifičnu nišu i ne bi bili u mogućnosti kolonizirati cijeli planet. Kada se ove karakteristike zajedno sumiraju može se zaključiti da ako mikroorganizmi jesu naselili naš planet, oni su trebali biti u mogućnosti naseliti različita područja naše planete što znači da su se trebali moći prilagoditi na određene uvjete kako bi naselili sva područja i omogućili daljnju evoluciju. U tome im je mogla pomoći samo sposobnost uspješnog nasljeđivanja i mutacije, tj. da su genotip i fenotip usko povezani. To na primjer progenot nije imao, a pošto se smatra da je on bio prvi oblik stanične organizacije i nije imao takvu mogućnost prilagodbe to dovodi u pitanje samu teoriju panspermije. Naravno, neki znanstvenici i dalje vrlo vjeruju u nju, kao na primjer svjetski poznati fizičar Stephen Hawking i znanstvenici koji su otkrili strukturu DNA James D. Watson i Francis Crick (1916.-2004.).

## 9) ZAKLJUČAK:

Mnogi se znanstvenici pitaju i pokušaju naći rješenje o tome kako je život nastao. Kroz godine i stoljeća govorili su o mnogim pretpostavkama i teorijama, ali bez obzira koliko se pojedina teorija činila valjanom i točnom, niti jednu nisu uspjeli do kraja dokazati. Pokušavaju otkriti kako je život nastao je gotovo jednako misteriozno kao i bića s drugih planeta ili kao putovanje kroz vrijeme. Kako je sve izgledalo prije svemira, prije materije i prije života? Kako je nastao svemir i kako su se formirale galaksije i zvijezde? Kako i kada je jedna mala molekula odlučila se udružiti s ostalima kako bi stvorili savršen stroj za razmnožavanje i prilagodbu vanjskim uvjetima i od kuda su te molekule došle? Za svaku od tih pojedinih tema postoje teorije i pokušaji da ih se dokažu i učine utoliko stvarnijima. Ljudi kao znatiželjna bića uvijek će težiti novom otkriću i novim saznanjima, a s napretkom tehnologija, kroz vrijeme, morat će se odgovoriti na mnoga još uvijek neodgovorena pitanja. A odgovori na ta pitanja činit će nam se još nevjerojatnijima nego što bismo očekivali. Uz te odgovore doći će nova pitanja i istraživanja koje se nastaviti sve dok se želja za znanjem ne utaži. Jedino što će nam na kraju preostati je da sva saznanja koja skupimo iskoristimo što mudrije možemo, bez remetenja balansa prirode, vremena i prostora. Jer ono što bi svaki čovjek trebao shvatiti je to, da je on samo kap u moru bezgraničnog svemira što nas okružuje. Nikada se ne zna što nas očekuje iza svakog novog otkrića a jer znanje je najvrednija stvar koju jedno biće može posjedovati samo treba znati kako ga koristiti.

## 10) SAŽETAK:

U početku nije bilo ni tjele, nije bilo vremena, prostora, niti materije. Potom, u nekom trenutku dogodila se velika eksplozija zvana Veliki Prask. Nastao je svemir sa svim planetima, galaksijama i zvijezdama koje danas poznajemo. U tom velikom svemiru nastao je i naš planet, u početku potpuno gol i vruć s mnogo stalno aktivnih vulkana i kipući om parom. Uskoro, zahvaljujući toj pari, nastali su oceani i stvorena je atmosfera. Površina planeta se postepeno počela hladiti i s dovoljnom količinom vode kemijska evolucija mogla je započeti. Nitko nije siguran kako je sve započelo. Iako i najveći znanstvenici, sa svim svojim eksperimentima, nisu mogli dokazati jednu teoriju i svaki put kada bi nešto otkrili nova pitanja bi se opet postavila. Neki kažu da iz jednostavnih molekula nastale su one mnogo kompleksnije, kao npr. amino kiseline ili ugljikohidrati, koje su postale jedne od glavnih sastavnica svakog živog bića. Oni smatraju da je prvo postojao RNA svijet, s RNA lancima koji su se mogli samostalno replicirati. Međutim, ostali kažu da je prvo bila DNA zbog svoje stabilnosti. Ali, ako i znanstvenici uspiju razotkriti ovu misteriju postoje još mnoga pitanja koja zahtijevaju odgovore. Postoje mnoge rasprave o tome kako je nastala prva stanica. Smatra se da su se kompleksne molekule nekako uspjele odlučiti da se udruže u jednu kompleksnu organizaciju koja bi im omogućila da prežive na različitim staništima i da prenose gene koji su pogodni. Tu primitivnu organizaciju zovu LUCA, ali nažalost postoje još mnoga pitanja u vezi te teme kao i mnogo teorija. Znanstvenici iako razmatraju mogućnost da je prva molekula ili stanica došla na naš planet iz svemira meteoritima ili čak uz pomoć vanzemaljaca. Ova teorija se zove teorija Panspermije i postaje sve više popularna među znanstvenicima. Bez obzira koja od ovih teorija se na kraju pokaže točnom, jedno je sigurno, prošlo je još mnogo vremena prije nego li dokažemo išta bez ikakve sumnje.

## **11)SUMMARY:**

In the beginning there was nothing, no time, no space, no particles. Then at some point there was a big explosion called The Big Bang. The Universe was born with every planets, galaxies and stars that are known today. In this big Universe our planet was born, at first bare and hot with constantly active volcanos and boiling hot steam. Soon, thanks to that steam, oceans were made and the atmosphere was created. The surface became cooler and with enough water the chemical evolution could begin. Nobody is sure how it all started. Even the greatest scientists, with all their experiments, weren't able to prove most of the theories and every time they discover something new questions would arise. Some say that from simple molecules more complex ones were formed, such as amino acids or carbohydrates, which became one of the main compositions of every living being. They claim that there was first the RNA world with RNA chains that could replicate themselves. However, others say that DNA was the first due to its stability. But, even if scientists manage to uncover this mystery there are other questions that also need answering. There are a lot of debates about how the first cell was made. It is said that the complex molecules somehow decided to team up and form an organization that would enable them to survive in different habitats and to pass down genes that are suitable. They call this primitive organization LUCA but unfortunately there are still a lot of questions on this topic and many are discussing a lot of theories. The scientists are even talking about the possibility that the molecule or the first living cell was brought to Earth from space by meteorites or even by aliens. This theory is called Panspermia and it is becoming more and more popular among the scientists. Whichever theory proves to be correct one, one thing is certain, it will be long before we prove anything without a doubt.

## 12) LITERATURA:

- 1) Stephen C. Stearns, Rolf F. Hoekstra – Evolution
- 2) Michael Zeilik – Astronomy, the evolving universe
- 3) Fox/Dose - Molecular evolution and the origin of life
- 4) Patrick Forterre – The origin of DNA genomes and DNA replication proteins
- 5) Ivan Kešina – ABIogeneza ili BIOgeneza, Prirodoslovne inženice i filozofske refleksije o postanku života na Zemlji
- 6) Walter Gilbert, Sandro J. de Souza, Manyuan Long – Origin of genes
- 7) Luis DelaYe, Arturo Becerra, Antonio Lazcano – The last common ancestor: What's in a name
- 8) Massimo di Giulio – Biological evidence against the panspermia theory
- 9) Ashwini Kumar Lal – Origin of life
- 10) [www.darwinismrefuted.com/myht\\_of\\_homology\\_01.html](http://www.darwinismrefuted.com/myht_of_homology_01.html)
- 11) [what-when-how.com/inventions/synthetic-amino-acid-inventions/](http://what-when-how.com/inventions/synthetic-amino-acid-inventions/)
- 12) [www.vigyanprasar.gov.in/scientists/JBSHaldane.htm](http://www.vigyanprasar.gov.in/scientists/JBSHaldane.htm)
- 13) [evolutionwiki.org/wiki/Abiogenesis](http://evolutionwiki.org/wiki/Abiogenesis)