

INFORMACE A VZNIK ŽIVOTA

Toto je dodatek (tzv. Last Chapter) ke knize The Mystery of Life's Origin. Dr. Charles Thaxton ho napsal až později (v r.1995) na žádost prof. Václava Pačesa z prezidia Akademie věd. Tento dodatek není tedy součástí anglického originálu knihy.

GRANO SALIS NEZWORK

2004

www.granosalis.cz

Obsah:

Retrospektivní analýza vzniku života

Problém vzniku života

Oparinova hypotéza

Tvorba molekulární stavebních kamenů nezbytných pro život

Tvorba DNA, RNA a bílkovin, makromolekul tvořících život

Problém informace při tvorbě proteinů

Tvorba bílkoviny jako problém nepravděpodobnosti

Tvorba DNA a RNA

Snahy o vyřešení informačního problému

Krach teorie prebiotické polévky a její alternativy

Informace: svatý grál výzkumu vzniku života

Hypotéza inteligentního záměru

Jaká současná pozorování jsou klíčem k minulosti?

Klasické teologické důkazy

Moderní teologický argument a informace

Specifikování sekvence

Život obsahuje informaci

V roce 1950 pořádal na universitě v Chicagu laureát Nobelovy ceny Harold Urey cyklus přednášek o vzniku sluneční soustavy. Těchto přednášek se zúčastnil i dvaadvacetiletý absolvent univerzity Stanley Miller. Během přednášek Urey poznamenal, že by bylo zajímavé zjistit, co by se přihodilo, kdybychom pokusně napodobili atmosféru dávné Země a vystavili ji vlivu energie (narážel tím na Oparinovu hypotézu z roku 1924, podle níž se tímto způsobem začal vývoj živých systémů¹). Miller byl touto myšlenkou okouzlen a později se proslavil jediným jednoduchým pokusem, který se tehdy zdál být řešením prokazatelně největší záhady, jež kdy trápila všechny vědce. Hermeticky uzavřenou skleněnou aparaturu obsahující vroucí vodu naplnil amoniakem, metanem a vodíkem, pomocí jiskrového výboje napodobil blesky a během několika dní zaznamenal přítomnost načervenalé lepkavé hmoty na skle a ve vodě. Následnou chemickou analýzou ke svému potěšení zjistil, že tato hmota

obsahuje aminokyseliny - stavební kameny bílkovin, které tvoří základ života. Výsledky, které Miller publikoval ve formě skromného dvoustránkového článku v časopise *Science*², působily jako ohromující důkaz, že život vznikl jednoduchými chemickými reakcemi v "prebiotické polévce".

Reakce na Millerův pokus byla ze strany vědecké obce i veřejnosti mimořádná. Např. Carl Sagan, astronom vedoucí výzkum mimozemského života, označil Millerův pokus jako "nejvýznamější krok směřující k přesvědčení řady vědců, že ve vesmíru se život vyskytuje hojně."³ Chemik William Day ho popisuje jako "pokus, který prolomil blokádu" tím, že ukázal, že počátek života nebyl náhodnou, ale nevyhnutelnou událostí.⁴ Astronom Harlow Shapley vystoupil v roce 1959 v Chicagu v televizním vysílání v předvečer stého výročí vydání Darwinovy knihy "O původu druhů" a prohlásil, že Millerův pokus odstranil naše dlouholeté pochybnosti, zda lze překlenout propast mezi neživým a živým a zda objevení se života je důsledkem spontánního biochemického vývoje, ke kterému dochází přirozenou cestou za příznivých fyzikálních podmínek."⁵ V podstatě lze říci, že Millerovy pokusy zplodily neovitalismus neboli víru v sílu

samouspořádání spočívající ve hmotě.⁶ Biochemická predestinace se dostala dokonce až do učebnic.⁷ Zpravidla byla podporována schématy evolučního vývoje, jejichž příklad je na obr. 5.1.

Retrospektivní analýza vzniku života

Bohužel se ukázalo, že je tento názor zcela unáhlený. O čtyřicet let později byl Miller, jenž se stal profesorem chemie na kalifornské universitě v San Diegu, citován v *Scientific American*: "Problém vzniku života se ukázal být mnohem složitějším, než jsme já a většina dalších lidí předvídali."⁸

Nelze říci, že by se od roku 1953 nic neudálo. Během čtyřiceti let, které následovaly po Millerově původním pokusu, byly uskutečněny analogické nebo velmi podobné experimenty, které ukázaly, že za prebiotických podmínek mohlo být syntetizováno množství základních stavebních kamenů DNA (deoxyribonukleové kyseliny), RNA (ribonukleové kyseliny) a bílkovin. Tyto organické sloučeniny se mohly posléze nahromadit v různých vodních nádržích, v nějaké "malé teplé louži", o čemž uvažoval Charles Darwin v jednom dopise. S. W. Fox a K. Dose⁹ a další ukázali v šedesátých a sedmdesátých letech, jak z těchto stavebních kamenů mohly polymerací vznikat biopolymerní prekurzory až současné biomakromolekuly, jakými jsou bílkoviny a DNA. Pokusy z počátku osmdesátých let zdánlivě dokončovaly celý obraz tím, že prokázaly schopnost autoreplikace RNA bez spoluúčasti enzymů. Tento důležitý objev, za nějž obdržel profesor university v Coloradu T. R. Cech Nobelovu cenu, naznačoval možnost, že první život sestával z RNA a že tento dávný "svět RNA" mohl být pojítkem mezi jednoduchými chemickými stavebními kameny, jakými jsou aminokyseliny a cukry, a velmi složitými buňkami, v jejichž centru se nachází DNA a které tvoří soudobé organismy.¹⁰

Zatímco se Millerovy pokusy dokumentující prebiotickou tvorbu stavebních kamenů a "svět RNA", co by most spojující jednoduché stavební kameny s buňkami obsahujícími DNA, staly součástí učebnic, byla v osmdesátých letech novými výzkumnými objevy vážně otřesena pravdivost obou představ. Bylo zjištěno, že syntéza RNA by byla za podmínek, které pravděpodobně převládaly v době vzniku života, krajně obtížná.¹¹ Mimoto bylo prokázáno, že RNA nedokáže vytvářet kopie sebe samé tak snadno, jak se původně myslelo.¹² A k završení všeho byly zpochybněny rovněž Millerovy původní

pokusy, neboť přírodovědci zabývající se studiem atmosféry dospěli nově k závěru, že atmosféra dávné Země nikdy neobsahovala významné množství amoniaku, metanu nebo vodíku.¹³ Kromě toho dokládá výzkum kráterů na Měsíci, že dávná Země byla opakovaně pustošena obrovskými meteority a kometami. Christopher P. McKay z Amesova výzkumného centra NASA byl citován v *Scientific American*: "Zdá se pravděpodobné, že život nezačal v poklidu malé teplé louže, ale uprostřed zuřící bouře."¹⁴

Co je tedy podstatou vývoje posledních čtyřiceti let? Klaus Dose z Biochemického ústavu v Mainzu, v Německu, naznačuje, že naše společné úsilí "směřovalo spíše k lepší představě nezměrnosti problému vzniku života na Zemi než k jeho řešení. V současnosti končí všechny diskuse o nejdůležitějších teoriích a experimentech z této oblasti buď ve slepé uličce nebo přiznáním nevědomosti."¹⁵

O čem se bude hovořit v této kapitole

Tato kapitola má tři cíle: (1) shrnout pro čtenáře, kteří nejsou obeznámeni s touto problematikou, současné představy o vzniku života založené na Oparinově hypotéze "prebiotické polévky," (2) podrobit tyto scénáře kritice jednak z hlediska skutečných experimentálních problémů a jednak z hlediska odhalených teoretických problémů a (3) vzít v úvahu alternativní hypotézy, zahrnující i vliv inteligence, které našly odpověď na mnoho zdánlivě neřešitelných problémů týkajících se teorie prebiotické polévky. Začneme tím, co považujeme za minimální funkční požadavky živých systémů. Pak ukážeme vztah mezi biologickou funkcí a trojrozměrnou molekulární strukturou. Následně uvedeme, jak závisí trojrozměrná molekulární struktura, která udává funkce biopolymerů, na vysoce specifickém uspořádání molekulárních "stavebních kamenů" v těchto biopolymerech. Tím bude čtenář seznámen se základními pojmy, které jsou spojeny se záhadou vzniku života, jejíž podstatou je specifická složitost neboli biologická informace.

Poté představíme Oparinovu hypotézu vzniku života, která byla řídicím paradigmatem pro většinu výzkumných prací týkajících se vzniku života. Prozkoumáme nezbytné kroky, uvedené na obr. 5.1, jež jsou navrženy tímto paradigmatem, které je někdy

označováno jako "teorie prebiotické polévky". Každá šipka na obr. 5.1 představuje důležitý krok: (1) tvorba stavebních kamenů z atmosféry dávné Země, (2) vytvoření rozličných biopolymerů spojováním těchto stavebních kamenů a (3) uspořádání různých biopolymerů za vzniku prvních buněk, zpravidla označovaných jako protobionty, protobuňky nebo koacerváty. V této kapitole pomineme následný vývoj "progenotes" (prvních forem současného života) a jejich rozrůznění na archaeobakterie, eubakterie a eukaryonty, kteří jsou považováni za předchůdce zbytku rostlinné a živočišné říše.

Nakonec vezmeme v úvahu možné alternativy Oparinovy hypotézy "prebiotické polévky", včetně vlivu inteligence. Naším cílem je potvrdit totéž, oč usiluje většina vědců zabývajících se touto problematikou, že ke vzniku života vedly přirozené příčiny, což nemusí být nezbytně označováno jako naturalismus. Jak lze na základě zkušenosti poznat, že za probíhajícími "přirozenými" procesy nestála v pozadí nějaká vyšší síla nebo inteligence (Bůh?)? Právě na to se spoléhá velká část křesťanských teistů. To znamená, že nemůžeme na základě zkušenosti vytvořit metafyzický závěr o naturalismu. Podle Iana Barboura je "Naturalismus stále alternativou vzniku života, ale je jasné, že musí být obhajován jako filozofický názor a ne závěr vědy."¹⁶ Rovněž, když se na základě zkušenosti usuzuje, že za strukturu života nese zodpovědnost určitá inteligence, není to nezbytně supernaturalistický závěr. Na základě zkušenosti nemůžeme určit, zda domnělá inteligentní příčina vzniku života pochází z vesmíru (naturalismus) nebo je mimi něj (supernaturalismus). To je další úsudek, který není založen na zkušenosti.

Problém vzniku života

Obecně je přijímán názor, že živé systémy se příliš neliší od neživých systémů svým elementárním chemickým složením, protože se ve skutečnosti skládají z velmi běžných prvků jakými jsou uhlík, dusík, kyslík a vodík. Liší se však svou komplikovanou strukturou, která určuje specifické biologické funkce. Živé systémy se odlišují od neživých zpracováním energie, informačním obsahem a replikací.¹⁷ Ačkoliv je obecně platným názorem, že první živý systém musel být mnohem jednodušší než nejjednodušší současný živý systém, kterým je bakterie, musel dosahovat určité základní hladiny složitosti, která je nezbytná pro zajištění tří uvedených funkcí. Kromě

toho by neměly být přijímány jednoduché analogie mezi biologickou evolucí založenou na přirozené výběru a chemickou evolucí, protože přirozený výběr biologické evoluce předpokládá systémy se schopností replikace. Problém vzniku života však spočívá ve vývoji takových systémů. Bertalanffy výstižně definuje: "Selekce, tj. přednostní přežití 'lepších' prekurzorů života, již předpokládá samoudržující se složité, otevřené systémy, které mohou kompetovat; selekce tedy nemůže vysvětlit vznik takových systémů."¹⁸

Lze snadno znázornit vztah mezi biologickou aktivitou a molekulární strukturou za předpokladu, že molekuly bílkovin působí jako katalyzátor (viz obr. 5.2). Ve vodných roztocích probíhá chemická reakce mezi ATP a glukózou (cukr) jen velmi pomalu: je nepravděpodobné, že by tyto dvě molekuly setrvaly v optimální poloze dostatečně dlouho, aby spolu mohly zreagovat. Za přítomnosti molekuly bílkoviny, která funguje jako katalyzátor, se však ATP a glukóza váží ke katalyzátoru tak, že jejich vzájemná orientace je optimální; tím je umožněna velmi rychlá chemická reakce. Důsledkem toho je, že se rychlost chemické reakce zvýší desetmilionkrát.

V živých systémech jsou chemické reakce běžně regulovány pomocí těchto katalyzátorů. Na obr. 5.2 je objasněno, jak přesná musí být trojrozměrná topografie společně s místními povrchovými chemickými vlastnostmi katalyzátoru, aby se podstatně urychlila reakce mezi ATP a glukózou.

Nyní je známo, že trojrozměrná topografie je nedílně spojena jak se sekvencí stavebních kamenů v řetězci polymeru (kterým je protein), tak i s povahou chemické vazby, která spojuje tyto stavební kameny.¹⁹ Na obr. 5.3 je uveden příklad molekuly proteinu. Je tvořen dvaceti druhy L-aminokyselin, které jsou v určitém pořadí spojeny pomocí velmi specifické peptidové vazby. Ačkoliv trojrozměrná struktura nezávisí na správném umístění každé aminokyseliny v řetězci, je přibližně polovina z těchto míst kritická. Umístění nesprávné aminokyseliny na těchto tzv. aktivních místech může mít osudné následky, jako např. při srpkové anémii, která je způsobena jediným nesprávným aktivním místem v řetězci aminokyselinových "článků", které tvoří molekulu hemoglobinu.

Nadto jen určité druhy vazeb umožní vytváření trojrozměrného uspořádání, ke kterému nutně dochází po odstartování polymerace. Všechny aminokyseliny musí být připojeny peptidovou vazbou (viz schéma na obr. 5.4). Prebiotické modelové pokusy vykazují v tomo ohledu jen 50 procentní úspěšnost.

Konečně, zatímco existují aminokyseliny ve formě L- a D- optických izomerů, jak ukazuje obr. 5.5, obsahují biologicky aktivní proteiny pouze L-aminokyseliny. Protože jsou L- a D-aminokyseliny zastoupeny v přírodě stejnou měrou a v jejich chemické reaktivitě také není žádný rozdíl, představuje jejich existence další problém při tvorbě enzymaticky funkčních proteinů. Podobně jako v případě peptidových vazeb představuje i polymerace pouze L-aminokyselin za vzniku řetězce nezbytnou podmínku pro poskládání řetězce v prostoru tak, aby vzniklá molekula měla katalytickou aktivitu.

Podobně ještě naléhavější problémy obklopují tvorbu biologicky aktivních molekul DNA a RNA. Podstatné je, že biologická funkce je nedílně spojena s vysoce specifickým uspořádáním molekulárních stavebních kamenů v biopolymeru. Bylo ukázáno, že tato molekulární složitost může být kvantifikována pomocí informační teorie.²⁰ Záhadu vzniku života lze tedy nakonec omezit na otázku, zda mohou molekuly s vysokým informačním obsahem vznikat z jednoduchých stavebních kamenů pouze pomocí toku energie systémem a snad vlivem výběru molekul určitého druhu.

Z toho, co bylo až doposud uvedeno, vyplývá, že předpokladem biologické funkce je vysoce specifická molekulární struktura, která vyžaduje molekuly s vysokým obsahem informace. Vznik těchto informačně bohatých molekul je jedním z klíčů vedoucích k porozumění vzniku života.

Oparinova hypotéza

Klasický pokus, který veřejně předvedl Louis Pasteur v roce 1864 na pařížské Sorboně, pohřbil teorii spontánního vzniku. Pasteur směle tvrdil: "Nikdy se teorie spontánního vzniku nevzpamatuje ze smrtelné rány, kterou jí zasadil tento jednoduchý pokus," a sebejistě později v téže publikaci dodal: "Ne, dnes není známa žádná okolnost, která by mohla potvrdit, že mikroskopické formy života se objevily na tomto světě, aniž by existovaly rodičovské mikroorganismy, které se jim podobají."²¹ I tehdy však byly důvody věřit, že se Pasteurova předpověď tak zcela nevyplní. Darwinova evoluční teorie - publikovaná o pět let dříve, v roce 1859 - byla mezi akademiky rychle přijata. Jestliže se z první buňky vyvinuly postupně přirozenými procesy různé druhy tvorů až po lidstvo, pak je logické předpokládat, že tato evoluce musela začít přirozenou cestou. Sám

Darwin v dopise z roku 1871 uvažoval o tom, že "v malé teplé louži plné chemických látek" mohlo sluneční záření vyvolat reakce nezbytné k produkci první formy života.²²

Nicméně minulo půl století než byla navržena podrobná hypotéza vzniku života. V historickém článku z roku 1924 předpokládal ruský biochemik A. I. Oparin, že atmosféra dávné Země musela být zcela odlišná od dnešní atmosféry.²³ Domníval se zejména, že obsahovala amoniak, metan a vodík, vodní páru, ale žádný kyslík. Dále navrhoval, že vlivem blesků a ultrafialového záření by v takové atmosféře probíhaly chemické reakce za vzniku rozličných organických molekul - včetně aminokyselin, dusíkatých bází, cukrů a lipidů - což jsou nezbytné stavební kameny biopolymerů. Předpokládal, že by se těmito procesy postupem času vytvořily v mořích a jezerech významné koncentrace molekulárních stavebních kamenů, vznikla by tedy známá prebiotická polévka. Po dosažení kritických koncentrací by tyto stavební kameny chemicky reagovaly za vzniku polymerů (tj. mnohomerů neboli molekulárních podjednotek). Během dlouhé doby by se pravděpodobně podle této představy objevily v prebiotické polévce polymery s biologickou aktivitou. Podle Oparina mohly shlukováním polymerů vznikat buňkám podobné útvary nazývané "koacerváty" nebo "protobuňky", které se nakonec i jako buňky chovaly.

Oparinova hypotéza přelstila experimentální "důkaz" podaný Pasteurem v roce 1864 proti teorii spontánního vzniku tím, že postulovala nikoliv spontánní ale postupný vznik života, který se uskutečnil v průběhu mnoha a mnoha miliónů let; jeden malý chemický krok uskutečněný během dlouhé doby. Pasteurův jednoduchý, leč vynikající pokus zjevně v žádném případě nevyloučil tuto možnost. Podobně jako Darwinova evoluční teorie byla obecně přijímána až po roce 1924, získala si i Oparinova hypotéza dodatečně důvěru.

Stručně řečeno, Oparinova hypotéza a podobné myšlenky postulované přibližně ve stejné době britským chemikem J. B. S. Haldanem určily intelektuální pracovní oblast, skutečné vůdčí paradigma, které dalo konečnou podobu podstatné části výzkumu vzniku života ve dvacátém století.²⁴ Millerovy pokusy z počátku padesátých let, kterými jsme otevřeli tuto kapitolu, představovaly první experimentální snahy ověřit paradigma vzniku života. Nyní se o nich zmíníme podrobněji.

Tvorba molekulární stavebních kamenů nezbytných pro život

Stanley L. Miller zareagoval v roce 1952 na výzvu Harolda Ureye a pomocí skleněné aparatura naplněné plyny, které podle Oparina tvořily atmosféru dávné Země, tj. amoniak, metan, vodík a vodní pára, počal ověřovat platnost Oparivovy hypotézy. Během několika dní vystavoval plyny vlivu jiskrového výboje, který měl nahradit působení blesků. Následná analýza obsahu sifonu, který byl použit pro odstranění vznikajících produktů z reakční směsi a pro jejich ochranu před působící energií, ukázala k všeobecnému vzrušení, že mezi produkty byly malou měrou (asi 2%) zastoupeny i molekulární stavební kameny biopolymerů, aminokyseliny.

Následovala záplava pokusů, při nichž byly napodobovány poměry na dávné Zemi. Během nich se podařilo připravit devatenáct z dvaceti biologicky důležitých aminokyselin (nebyl nalezen pouze lysin²⁵), všech pět nukleových bází, které jsou součástí RNA a DNA, a rozličné mastné kyseliny, jež tvoří buněčné membrány. Ukázalo se, že dřívější tvrzení o úspěšné modelové prebiotické syntéze ribózy a deoxyribózy, nezbytných stavebních kamenů RNA a DNA, bylo chybné. V roce 1986 na sympoziu Mezinárodní společnosti pro studium vzniku života (ISSOL - the International Society for the Study of the Origin of Life) v Berkeley ukázal v ohromující přednášce Robert Shapiro, absolvent Harvardu, chemik z university v New Yorku, že obecně rozšířená tvrzení, přejatá z druhé a třetí ruky, týkající se syntézy ribózy a deoxyribózy v Millerově pokuse, pocházejí původně z jednoho nedůvěryhodného článku. Následně dokázal, že tvorba ribózy je za prebiotických podmínek zcela vyloučena. Jeho práce byla pak uveřejněna v *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*.²⁶ Podobná pozorování učinil i Dose, který zahrnul ribózu, deoxyribózu a replikovatelné oligo a polynukleotidy do seznamu obtížně syntetizovatelných molekulárních stavebních kamenů.²⁷ Horgan také poznamenává, že RNA a její stavební kameny je obtížné syntetizovat v laboratoři i za sebelepších podmínek, ještě obtížnější by to bylo za prebioticky pravděpodobných podmínek.²⁸

Navzdory skutečnosti, že Millerův pokus je symbolickým zástupcem experimentů, které napodobují podmínky na prebiotické Zemi a které by měly ověřit platnost Oparinovy a Haldaneovy hypotézy, narůstá vlna kritiky. V několika důležitých ohledech ukazuje, že tyto pokusy nedokáží věrohodně napodobit podmínky na dávné Zemi. Za prvé, Miller použil metan, ale jediným zdrojem energie byl jiskrový výboj napodobující blesky. Na atmosféru dávné Země však působily i jiné druhy energie, např. ultrafialové záření, které

by přeměnilo metan na uhlovodíky vyšší molekulové hmotnosti, které by utvořily olejovou skvrnu zasahující až do hloubky deseti metrů.²⁹

Miller na tuto výtku reaguje slovy: "Předpokládáme-li, že pro vznik života byly potřebné aminokyseliny komplikovanější než glycin, bylo nutné, aby atmosféra obsahovala metan."³⁰ Jinak řečeno, metan *musel* být přítomen na dávné Zemi, jinak by nebyly vytvořeny aminokyseliny (alespoň ne přirozenou cestou).

Amoniak, další důležitá složka atmosféry v Millerově pokuse a jeho nápodobách, podléhá rychlému rozkladu vlivem ultrafialového záření za vzniku dusíku a vodíku, který uniká do vesmíru. Snadnost, s jakou se vodní pára disociuje na vodík a kyslík, přičemž vodík uniká do kosmu, také vyvolává pochyby týkající se předpokládané bezkyslíkaté atmosféry dávné Země. Nejsilnější argument podporující bezkyslíkatou atmosféru dávné Země nepochází z geologických pozorování oxidačního stupně minerálů, ale ze zničujícího vlivu kyslíku na prebiotické modelové pokusy.³¹ Opět jsme narazily na argumenty vycházející z předem utvořených úsudků a ne z experimentálních důkazů.

Vodík, který tvořil vedle metanu a amoniaku třetí hlavní složku Millerovy prebiotické atmosféry, se nemohl kumulovat v žádné významné koncentraci vzhledem k jeho slabé schopnosti udržet se v gravitačním poli Země. Názor, že atmosféra dávné Země nikdy neobsahovala významná množství amoniaku, metanu nebo vodíku, vznikl ve skutečnosti již koncem sedmdesátých let.³² Za pravděpodobnější složky jsou považovány dusík, oxid uhličitý a vodní pára.

Snaha vytvořit stavební kameny života z této atmosféry se bohužel podobá naléhání starých Egypťanů, aby jejich hebrejští otroci "stavěli na písku". Důvod je jednoduchý. Jak vyplývá z jednoduché rovnováhy hmoty a energie, kterou zná i chemik začátečník, je tvorba aminokyselin z amoniaku, metanu a vodíku exotermní reakcí (uvolňující energii), již odpovídá pokles entalpie přibližně o 200 kcal/mol. Ve srovnání s tím je tvorba aminokyselin z dusíku, oxidu uhličitého a vodní páry endotermní reakcí (vyžaduje dodání energie), již odpovídá vzrůst entalpie o 50 kcal/mol. Není divu, že chemici dávají přednost Oparinově hypotetické, i když nesprávné atmosféře amoniaku, metanu a vodíku.

Oparin sice neměl žádné geologické podklady pro to, aby navrhl složení atmosféry. Měl však dobrý důvod, který mu poskytla fyzikální chemie, aby nebral v potaz atmosféru bohatou na dusík, oxid uhličitý a vodní páru, která je nyní považována za

nejpravděpodobnější atmosféru dávné Země. Pozdější pokusy potvrdily, že by v této atmosféře skutečně nemohly vzniknout základní stavební kameny.³³

Existují ještě další problémy týkající se pokusů Millerova typu. Aby byly dosaženy uspokojivé výsledky, byl samostatně používán určitý druh energie pocházející z jediného zdroje. Tato podmínka však neodpovídá situaci na dávné Zemi. Např. zatímco ultrafialové záření o kratších vlnových délkách může usnadnit tvorbu aminokyselin z amoniaku, metanu a vodíku, dlouhovělnější část tohoto záření, která jistě také působila na dávnou atmosféru, způsobuje rychlý rozklad těchto aminokyselin. Podobně může tyto molekuly ničit teplo nebo nepřetžitý elektrický výboj. Pouze použití vybraného zdroje energie a rychlé odstranění produktů z dosahu energie pomocí sifonu umožňuje získat při těchto pokusech dokonce i malá množství aminokyselin (2 % nebo méně).

Uvědomujeme si, že optimistické prvotní nadšení vyvolané Millerovými pokusy významně pokleslo ve všech ohledech. Dnes je již mnohem zřejmější, že omezený úspěch pokusů Millerova typu při syntéze aminokyselin, bází nukleových kyselin a mastných kyselin byl vždy dosažen za použití vybraných chemikálií a vybraného zdroje energie, což jsou podmínky, které se jen vzdáleně podobají podmínkám dávné Země. Nadto syntéza základních stavebních kamenů DNA a RNA, např. ribózy, nebyla nikdy úspěšná s výjimkou použití vysoce nepřijatelných podmínek, které se v žádném případě nepodobaly podmínkám na dávné Zemi.

Jak uvidíme v následující části, je tvorba molekulárních stavebních kamenů ve skutečnosti nejjednodušší částí celého scénáře vzniku života; nicméně ani to si není snadné přestavit při našich současných znalostech.

Tvorba DNA, RNA a bílkovin, makromolekul tvořících život

V této části se dotkneme naléhavého problému tvorby funkčních biopolymerů ze stavebních kamenů. K nalezení pravděpodobnosti, že tyto funkční proteiny nebo DNA mohou vznikat spojováním molekulárních stavebních kamenů pomocí energie protékající systémem, použijeme termodynamickou analýzu. Nejprve stanovíme množství různých druhů práce nezbytné při sestavování stavebních kamenů, a pak uvažíme, zda ty druhy energie, které byly k dispozici na dávné Zemi, byly vhodné k

tvorbě biopolymerů. Čtenářům, kteří se blíže zajímají o tyto analýzy a zejména o numerické výpočty, doporučujeme již dříve uveřejněné obsáhlé studie.³⁴

Podrobně se budeme zabývat spojováním aminokyselin za vzniku proteinů. Podobné, ale složitější problémy jsou spojeny s tvorbou DNA a RNA. Jak vyplývá ze zákonů klasické termodynamiky, bude polymerace probíhat spontánně, jestliže bude tento proces, tedy připojování stavebních kamenů, spojen s poklesem Gibbsovy volné energie G ($\Delta G < 0$). Je-li však spojování stavebních kamenů spojeno se vzrůstem Gibbsovy volné energie v systému ($\Delta G > 0$), pak je k uskutečnění této chemické reakce potřeba dodat práci.

Je to totéž, jako bychom chtěli, aby voda tekla do kopce. Voda dokáže snižovat svou Gibbsovu volnou energii tím, že teče s kopce dolů, ale kdyby se pohybovala nahoru, Gibbsova volná energie by vzrůstala. Aby voda tekla do kopce, museli bychom použít pumpu nebo jiný zdroj energie, kdežto dolů teče zcela samovolně.

Spojování stavebních kamenů. Na obr. 5.4 je znázorněno vlastní spojování stavebních kamenů pomocí peptidových vazeb. Povšimněte si, že dochází k přerušení dvou chemických vazeb (C - OH a H - N) a ke tvorbě dvou nových (H - OH a C - N). Změna Gibbsovy volné energie ($\Delta G = \Delta H - T \Delta S$) je fyzikálně spojena se změnou chemické vazebné energie ($\Delta H = \Delta E + p \Delta V \approx E$) a se změnou entropie systému (ΔS). Entropie systému je spojena s množstvím možností, jak lze uspořádat hmotu a energii v systému. Systém s vysoce specifickým uspořádáním má vyšší Gibbsovu volnou energii než systém, který může být uspořádán libovolně. Zanedbáme-li prozatím velmi specifické uspořádání nezbytné pro biologickou funkci a budeme pouze uvažovat změnu Gibbsovy volné energie (ΔG) při chemické reakci dvou aminokyselin (stavebních kamenů) za vzniku dipeptidové vazby, jak ukazuje obr. 5.4 (tj. vznik vzájemné chemické vazby), zaznamenané vzrůst G o 3 000 cal/mol, což odpovídá 30 cal/g aminokyselin.³⁵ Tok energie systémem musí tedy zajistit konání práce, která umožní systému dosáhnout vyšší energetické hladiny, jíž odpovídá polymerace stavebních kamenů. Obsahuje-li typická bílkovina přibližně 100 aminokyselin, je pak celková práce potřebná k "náhodnému" pospojování těchto aminokyselin 300 kcal/mol proteinu.

Fox a Dose shromáždili pokusy, které vedly k získání této práce potřebné pro pospojování stavebních kamenů.³⁶ Zahříváním aminokyselin na sucho a odstraňováním vody, která se tvoří jako vedlejší produkt chemické reakce mezi dvěma aminokyselinami

(viz obr. 5.4), lze uskutečnit polymeraci aminokyselin (touto chemickou reakcí vzniká řetězec stavebních kamenů). Tímto způsobem lze ve formě tepla úspěšně oddělit práci potřebnou pro *náhodné* pospojování stavebních kamenů od toku energie systémem.

Správné uspořádání stavebních kamenů. Obtíže nastávají, chceme-li, aby byly aminokyseliny k sobě připojovány specifickým způsobem, který umožní vznik funkčního proteinu, jak bylo popsáno již dříve v této kapitole. S tím jsou spojeny nejméně čtyři obtíže.

První z nich spočívá v existenci dvou forem každé aminokyseliny, formy L- a D-, které jsou svými zrcadlovými obrazy (viz obr. 5.5). Obě formy byly v prebiotických modelových pokusech přítomny ve stejné koncentraci a reagovaly stejně rychle mezi sebou i s aminokyselinami stejné symetrie. Ve všech přírodních proteinech však byly nalezeny pouze L-aminokyseliny. Dodatková práce potřebná pro zajištění přítomnosti pouze L-aminokyselin v řetězci obsahujícím sto těchto stavebních kamenů, což odpovídá délce typického proteinu, je 4,2 cal/g vzniklého proteinu.³⁷

Druhým problémem je skutečnost, že peptidová vazba je jen jednou z několika možností, jak mohou být navzájem spojeny dvě aminokyseliny. Analýza těchto vazeb utvořených během prebiotických modelových pokusů ukazuje, že ne více než polovina z nich je peptidová vazba.³⁸ Funkční bílkovina však vyžaduje 100 % peptidových vazeb, aby mohla vytvořit přesnou trojrozměrnou strukturu, která podmiňuje její biologickou funkci. Podobně jako v předchozím případě lze i zde spočítat dodatkovou práci potřebnou pro zajištění výhradní přítomnosti peptidových vazeb v řetězci o stu aminokyselin, v němž by jinak bylo přítomno 50 % nepeptidových vazeb; je to 4,2 cal/g vytvořeného proteinu.³⁹

Třetím kamenem úrazu při tvorbě funkčního proteinu z aminokyselin je potřeba přesné sekvence rozličných aminokyselin. Na obr. 5.6 je schematicky znázorněno pět z dvaceti aminokyselin nacházejících se v bílkovinách. Trojrozměrná topografie, která určuje biologickou funkci, závisí na pořadí těchto aminokyselin. K získání správné morfologie nebo topografie není nutné, aby na každém místě v řetězci byla správná aminokyselina, to je nutné dodržet alespoň na polovině míst, tzv. aktivních míst, kde musí být přítomna správná aminokyselina. Dodatková práce nezbytná pro dodržení tohoto stupně specifity je 18,2 cal/g pro 100 aktivních míst nebo 9,1 pro padesát aktivních míst v proteinu obsahujícím sto aminokyselin.⁴⁰

Čtvrtým a snad nejobtížnějším problémem uspořádání aminokyselin do řetězce, jehož trojrozměrná struktura zajišťuje biologickou funkci, je, aby aminokyseliny reagovaly pouze mezi sebou a ne s mnoha jinými chemickými sloučeninami, které byly také přítomny v prebiotické polévce. Z hodnoty práce potřebné pro vzájemnou reakci aminokyselin (30 cal/g) je zřejmé, že by spolu aminokyseliny nereagovaly snadno. Vstupovaly by však snadno (za výsledného poklesu Gibbsovy volné energie) do chemických reakcí s mnoha jinými sloučeninami, které se vyskytovaly v hojném množství v prebiotické polévce. Je tedy obtížné si představit, jak mohly být aminokyseliny zahuštěny v roztoku nebo selektivně adsorbovány na povrchy jílu apod. přednostně před chemickou reakcí s jinými sloučeninami prebiotické polévky. Protože složení prebiotické polévky není známo, není také možné spočítat hodnotu práce potřebné k zamezení těchto vedlejších reakcí a zachování pouze selektivních reakcí mezi aminokyselinami. Tato práce by byla však mnohem větší než její tři předchůdkyně.

Spočítali jsme, že práce potřebná k syntéze specificky složitěho proteinu o délce sto aminokyselin se za předpokladu, že zanedbáme hlavní problém, tj. ochotu aminokyselin reagovat s jinými sloučeninami prebiotické polévky, podobá svou hodnotou (18,2 + 4,2 + 4,2 cal/g) práci potřebné k náhodnému uspořádání stavebních kamenů do řetězce (30 cal/g). Ačkoliv je tedy tok energie schopen konat práci požadovanou pro získání potřebného uspořádání, dá se pochybovat o tom, že by kdy mohl souviset s tvorbou informace.

Pravděpodobně je to z toho důvodu, že biologická informace, ačkoliv je matematicky totožná s konfigurační entropií (jak jsme již popsali⁴¹), nemá k ní vůbec žádný fyzikální vztah. Velmi přesvědčivě dokazoval tento názor Jeffrey S. Wicken.⁴²

Není nic horšího než všechny prebiotické modelové pokusy, které směřovaly k tvorbě proteinů za použití čistých aminokyselin místo toho, aby vycházely z reakčních produktů Millerových prebiotických modelových pokusů, při nichž byly získány 1-2 % aminokyselin a množství dalších sloučenin, které mohou s aminokyselinami velmi snadno reagovat. Nezbytnou práci v těchto případech tedy zajišťuje chemik, který tak sotva napodobuje skutečný scénář vzniku života. Chemik může také vycházet pouze z L-aminokyselin, aby se vyhnul problému tvorby řetězců obsahujících L- i D-formy. Přesto nedokáže upravit pokus tak, aby vznikaly pouze peptidové vazby (mezi L-aminokyselinami) a utvářely se biologicky významné sekvence aminokyselin a funkční topografie, jak ukazuje obr. 5.3.

Nakonec i při "prokazatelných prebiotických" modelových pokusech vznikají řetězce aminokyselin, jejichž katalytická aktivita je přinejlepším zanedbatelná.

Závěrem lze říci, že tok energie systémem je schopen spojovat molekulární stavební kameny, ale není schopen je připojovat s takovou nezbytnou specifitou, aby vzniklá struktura měla biologickou funkci.

Problém informace při tvorbě proteinů

Jak lze dosáhnout správného uspořádání stavebních kamenů (aminokyselin), když na biologickou funkci lze pohlížet jako na informační problém. Množství informace potřebné k tvorbě nějakého systému nebo složky systému závisí na počtu požadovaných instrukcí. Zcela náhodné uspořádání aminokyselin nevyžaduje žádné specifické instrukce. Tvorba krystalu vyžaduje několik pokynů, které charakterizují základní jednotku krystalu. Opakováním těchto pokynů lze získat velký krystal. Příprava novin vyžaduje mnohem více informací, protože písmena musí být umístěna na stránce v určitém pořadí tak, aby vznikala smysluplná slova, věty, odstavce a články. Tvorba biologicky funkčních proteinů je, jak uvidíme dále, analogická tvorbě novin.

Představme si, že chceme napsat větu "JAK VZNIKL ŽIVOT?" Nejprve dáme přednost problému, který představuje směs L- a D-aminokyselin před pouhými L-aminokyselinami. To je totéž, jako otočení písmen o 180° vzhledem k ose, která prochází větou. Písmena otáčaná vzhůru nohama představují D-aminokyseliny smíchané ve větě s L-aminokyselinami.

JA. VZ.IK. Ž.VO..

Problém, který nastane, když se mezi aminokyselinovými stavebními kameny objeví jiné než peptidové vazby, je uveden následovně (obr. 5.4 ukazuje vlastní peptidovou vazbu). Správné umístění sousedících písmen bylo změněno tak, že některá písmena jsou nezvykle orientována. Informace ve větě je dále ohrožena.

JA. .ZN.K. .I.O..

Nakonec je na našem původním tvrzení ilustrován problém nesprávné sekvence tak, že některá písmena přeskupena. Původní zpráva je tak zcela zatemněna.

KVI JZAKVO ŽNILT?

Jestliže budeme všechny tři problémy superponovat, bude zcela nemožné dešifrovat původní zprávu - dojde k naprosté ztrátě funkce. Ke stejné ztrátě biologické funkce dochází, pokud polymer neobsahuje pouze L-aminokyseliny, pokud v řetězci, který tvoří molekulu proteinu, nejsou výhradně peptidové vazby a správná sekvence aminokyselin. Největším problémem však je, jak zajistit používání pouze písmen anglické abecedy, je-li k dispozici "abecední polévka" obsahující mnoho anglických písmen (představují aminokyseliny), ale také čínské, řecké a hebrejské symboly (představující jiné druhy organických molekul v prebiotické polévce), a jak z ní získat potřebná písmena J, A, 2 x K, V, Z, N, 2 x I, L, Ž, O, T.

V roce 1984 jsme navrhli, že vznik života je v zásadě problémem informace,⁴³ ale tato představa není pouze naše. Bernd-Olaf Koppers říká v *Information and the Origin of Life* (1990): "Problém vzniku života je v zásadě rovnocenný problému vzniku biologické informace."⁴⁴ V podobném smyslu se vyslovili i Jeffrey Wicken a Robert Shapiro koncem osmdesátých let a A.E. Wilder Smith a Hubert B. Yockey v sedmdesátých letech.⁴⁵

Tvorba bílkoviny jako problém nepravděpodobnosti

Problém tvorby funkčních proteinů z aminokyselinových stavebních kamenů lze hodnotit také z pozice pravděpodobnosti a statistiky. Pro zjednodušení předpokládejme, že pravděpodobnost výběru L-aminokyseliny ve srovnání s D-aminokysleinou je 50 % a že pravděpodobnost spojení dvou aminokyselin peptidovou vazbou je také 50 %. Předpokládáme-li, že všech dvacet aminokyselin bylo v prebiotické polévce přítomno ve stejných koncentracích, pak pravděpodobnost umístění správné aminokyseliny na správném místě bude 5 %. První dva předpoklady jsou reálné na rozdíl od třetího, který může být pro některé aminokyseliny příliš nízký a pro některé příliš vysoký.

Zanedbáme-li případné reakce s jinými sloučeninami, získáme pravděpodobnost správného umístění aminokyseliny $0,5 \times 0,5 \times 0,5 = 0,0125$. Pravděpodobnost správného uspořádání N aminokyselin bude $0,0125 \times 0,0125 \times \dots$ atd. až do počtu N členů 0,0125. Má-li funkční protein 100 aktivních míst, pak pravděpodobnost, že bude bezchybně utvořen, získáme, když číslo 0,0125 budeme 100 krát násobit sebou samým; výsledek je $4,9 \times 10^{-191}$. Tato nepravděpodobnost nezbytně přiměla všechny vědce pracující v tomto oboru k zavržení náhodného, nepředvídaného uspořádání neboli šťastné náhody jako vysvětlení vzniku života.

Předpokládáme-li, že všechen uhlík na Zemi existuje ve formě aminokyselin a že aminokyseliny mohly chemicky reagovat maximální možnou rychlostí $10^{12}/s$ po dobu jedné miliardy let (nejdelší možná doba mezi ochlazením Země a objevem života), opět zjistíme, že tvorba jediného funkčního proteinu je neuvěřitelně nepravděpodobná ($\approx 10^{-65}$), jak ukázal H. P. Yockey.⁴⁶ D. Kenyon, G. Steinman a Sir Frederick Hoyle dospěli k podobným závěrům: "Současný scénář vzniku života je přibližně stejně pravděpodobný jako napsání 747 tornádem vířícím na smetišti."⁴⁷

Tvorba DNA a RNA

Problémy prebiotické syntézy DNA a RNA jsou ještě větší než tomu bylo u proteinů. Shapiro vyjádřil výsledky své práce v této oblasti slovy: "Důkaz, který je v současné době k dispozici, neprokazuje dostupnost ribózy v prebiotické polévce, snad s výjimkou velmi krátké doby a nízké koncentrace jako části složité směsi a za podmínek nevhodných pro syntézu nukleosidů."⁴⁸ S obsahem článku, v němž je uvedena tato poznámka, bylo již dříve seznámeno 300 vědců z celého světa na sympoziu Mezinárodní společnosti pro studium vzniku života (the International Society for the Study of the Origin of Life), aniž by byla základní tvrzení nějak zpochybněna.

RNA a její komponenty je obtížné syntetizovat i za nejlepších laboratorních podmínek; uskutečnění syntézy za přijatelných prebiotických podmínek by bylo ještě nepravděpodobnější. Např. chemická cesta užívaná při syntéze ribózy, klíčového stavebního kamene RNA, vede ke vzniku velkého množství i jiných cukrů, které by

znemožňovaly syntézu RNA. Další důležitou záhadou je, jak se mohl fosfor stát kritickou složkou RNA a DNA, když se v přírodě vyskytuje relativně řídko.

Leslie Orgel ze Salkova ústavu biologických věd, který pravděpodobně provedl více výzkumných prací týkajících se scénáře "RNA světa" než jiní vědci, uvádí, že pokusy napodobující časná stadia "RNA světa" jsou příliš komplikované, než aby reprezentovaly přijatelný scénář vzniku života. Orgel byl nedávno citován v *Scientific American*: "Je třeba dosáhnout situace, kdy se obrovské množství podmínek a procesů nachází bez jediné chyby ve správném stavu."⁴⁹ Nositel Nobelovy ceny Sir Francis Crick říká ve své knize *Life Itself*: "Vznik života vypadá téměř jako zázrak, protože pro své uskutečnění vyžaduje splnění velkého množství podmínek."⁵⁰ V závěru svého přehledného článku z roku 1988 uvádí Dose v souvislosti se syntézou biopolymerů DNA a RNA: "Obtíže, které je třeba překonat, leží v současnosti za hranicí naší představivosti..." Schéma na obr.2 (ukazuje pravděpodobný průběh syntézy proteinu na ribozomech pomocí nukleových kyselin) demonstruje naši nevědomost. Bez zcela nových pohledů na evoluční procesy, které možná vyžadují nové způsoby myšlení, bude tato nevědomost trvat dál."⁵¹ Je zřejmé, že problémy informace či složitosti spojené se vznikem života jsou komplikované a dokonce zatvrzele vzdorující našemu úsilí.

Snahy o vyřešení informačního problému

V současnosti bylo provedeno několik pokusů o záchranu Oparinovy teorie prebiotické polévky. V létě 1990 způsobil Julius Rebek Jr., chemik z Massachusetts Institute of Technology (MIT), rozruch prohlášením, že syntetizoval organickou molekulu, která dokáže replikovat sama sebe. Molekula aminoadenosin triacid ester AATE je tvořena dvěma komponentami, z nichž jedna připomíná protein a druhá nukleovou kyselinu. Po přidání do roztoku výchozích sloučenin v chloroformu dokáže AATE fungovat jako předloha pro syntézu nové AAET molekuly. G. Joyce, odborník na RNA ze Scrippsovy kliniky, se vyjádřil následujícím způsobem v *Scientific American* k Rebekově práci: "AATE se replikují pouze za vysoce umělých, nepřírodních podmínek a dokonce, což je ještě důležitější, se reprodukuje příliš přesně. Bez mutací se molekuly nemohou vyvíjet v duchu Darwinových myšlenek." V témže článku říká Leslie Orgel: "Nevidím důležitost této molekuly pro vznik života."⁵²

Jeffrey Wicken dokazuje, že druhá věta termodynamiky skutečně řídí chemické reakce zodpovědné za vznik života, spíše než by působila jako překážka. Dokazuje, že entropie umožňuje polymerace, při nichž se spojují stavební kameny za vzniku biopolymerů typu DNA, RNA a proteinů.⁵³ V současné kritice Wickenovy práce poznamenává Bradley, že entropie jako řídicí síla spojování stavebních kamenů do polymerního řetězce je maximálně účinná na počátku polymerace, kdežto později se stává bezvýznamnou, neboť lze takto získat jen malé výtěžky polymerů. Nebylo by to tak, kdyby polymerace probíhající v těchto pokusných systémech byla nějakým způsobem usnadněna.⁵⁴ Např. aminokyseliny mohou polymerovat, je-li pomocí tepla odstraňována voda vznikající jako vedlejší produkt. Tím je zabráněno depolymeraci, jak experimentálně prokázal S. W. Fox.⁵⁵

Wickner dále dokazuje, že informační požadavky živých systémů nezávisí na termodynamických úvahách (a nemohou tedy být uskutečněny prostřednictvím toku energie systémem). S tímto tvrzením zcela souhlasíme. Opíraje se o dřívější práci Steinmana a Coleho (1967), Wicken dále navrhuje, že vnitřní chemické vlastnosti molekulárních stavebních kamenů, jako je vrozená tendence tvorby nenáhodných sekvencí v důsledku sterických vlivů, mohou vysvětlovat vznik specifických sekvencí molekul v biopolymerech.⁵⁶ Novější analýza 250 proteinů ve srovnání s 10 proteiny, které analyzovali Steinman a Cole, však dokázala, že vezmeme-li v úvahu větší množství proteinů, nenalezneme popisované vztahy v sekvenci aminokyselin.⁵⁷

Nedokáže-li tok energie systémem "tvořit" nezbytnou informaci skrytou v pozoruhodné specifitě biopolymerů, a jsou-li dědičné snahy samouspořádání hmoty příliš slabé, než aby zodpovídaly za pozorovanou složitost molekul, co se tedy skrývá za informačním obsahem těchto polymerů? Bernd-Olaf Koppers obhájí selekci, aby se vyhnul problému nesmírné nepravděpodobnosti tkvící v složitostech i těch nejjednodušších živých systémů. Říká: "Molekulárně- Darwinistický přístup se zakládá na pracovní hypotéze, že přirozený výběr v Darwinově smyslu se již nalézá v oblasti neživé hmoty...[Tato myšlenka] se může uplatnit jen za předpokladu skutečného fungování Darwinova přirozeného výběru v říši neživé hmoty."⁵⁸ Protože Darwinův přirozený výběr předpokládá v biologickém světě replikující se systémy, střetáváme se zde se zcela odlišným druhem selekce. Je obtížné si představit na jakém základě by přirozený výběr mohl působit na molekulární úrovni, aby umožnil vznik pozoruhodné složitosti spojené s

minimálními požadavky života: replikace, uložení informací a zpracování energie. Dnes postrádá Kupperova hypotéza na významu, neboť neexistuje žádný experiment, který by ji podpořil.

Krach teorie prebiotické polévky a její alternativy

Zkrachování koncepce Oparinovy teorie prebiotické polévky bylo zdůrazněno během diskuse na mezinárodním sympoziu ISSOL v Berkeley v Kalifornii v roce 1986. Zastánci prebiotické syntézy proteinů dokazovali, že tvorba RNA byla za prebiotických podmínek téměř nemožná, což druhá část, upřednostňující tvorbu RNA, spíše nebrala na vědomí než vyvracela pomocí důkazů. Jejich odpovědí bylo, že proteiny jsou příliš nevhodné pro roli nositelů prvních živých systémů, protože nejsou dostatečně přizpůsobivé. Protože zastánci proteinů také nepředložili žádné důkazy, kterými by vyvrátili tuto kritiku, diskuse skončila neblaze prohloubením propasti mezi oběma stranami bez vytvoření nových slibných alternativ.

Kritika shrnutá v této kapitole (podrobněji viz A.G. Cairns-Smith [1982], Thaxton, Bradley a Olsen [1984] a Shapiro [1986]) je pro teorii prebiotické polévky téměř, ne-li skutečně, osudná. Jaké jiné hypotézy existují a proč byla tato teorie prebiotické polévky opouštěna tak pomalu? Tento pomalý odchod teorie i přes množství problémů, které jsou s ní spojeny, napovídá cosi o přijatelnosti alternativních hypotéz, které byly navrženy v posledních deseti letech jako její potenciální nástupci.

Vznik života na povrchu jílu. V *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life*, chemik z university v Glasgow, A.G. Cairns-Smith navrhuje, že ke vzniku života, dostatečně složitého, se schopností mutací a dalšího vývoje, došlo na pevných substrátech, pravděpodobně krystalických jílech. Dokazuje, že některé jíly byly k tomuto předurčeny díky zvýšené schopnosti vázat nebo syntetizovat organické sloučeniny jakými jsou nukleové kyseliny nebo proteiny. Nakonec se snad vytvořily dostatečně složité organické sloučeniny, aby se mohly začít replikovat a vyvíjet se.⁵⁹ Cairns-Smith byl v roce 1991 citován v článku v *Scientific American* jako vědec, spokojeně přijímající nedostatky svojí hypotézy: " Nikdo nebyl schopen laskavým přemlouváním přinutit v

laboratoři jíl k něčemu, co připomíná evoluci; ani nikdo nenalezl v přírodě cokoliv co by připomínalo organismus vzniklý na povrchu jílu.⁶⁰

Hydrotermální průduchy na dně moře. Koncem sedmdesátých let objevili vědci na dně moře poblíž Galapágských ostrovů několik hydrotermálních průduchů, které podporovaly bujení společenstev živých organismů včetně kroužkovců tubeworms, mlžů a bakterií, jejichž primárním zdrojem energie není světlo, ale sloučeniny síry uvolňované z průduchů. Od té doby byly nalezeny desítky podobných průduchů. John Corliss z NASA Goddard Space Flight Center předpokládal, že průduchy mohou dodat energii a živné látky potřebné pro vytvoření a udržování života.⁶¹

Teorie tepelných průduchů ani náznakem nevysvětluje, jak mohl být vyřešen informační problém, pouze uvádí, že energií bohaté okolí mohlo usnadnit tvorbu organických polymerů, které byly důležité pro vznik života. Práce púotřebná pro uspořádání stavebních kamenů, kterou jsme dříve odhadli na 30 cal/g, mohla být tímto způsobem vykonána, avšak hypotéza tepelných průduchů neposkytuje žádné řešení podstatně naléhavějšího problému informační práce.

Stanley Miller a Jeffrey Bada na kalifornské univrsitě v San Diegu uskutečnili pokus, kterým dokázali, že přehřátá voda vytékající z průduchů, jejíž teplota může být vyšší než 572° F, by organické sloučeniny spíše ničila než tvořila. V důsledku toho považuje Miller průduchy spíše za překážku vzniku života. Na základě odhadů, že veškerá voda oceánu projde tepelným průduchem každých deset milionů let⁶², vypočítal Miller horní hranici koncentrace aminokyselin v oceánu jako 3×10^{-4} M.⁶⁵ Od té doby se James Corliss i ostatní přiklánějí k názoru, že se současné organismy do těchto průduchů pouze přestěhovali. Vznik života v tepelném průduchu zůstává pochybnou myšlenkou postrádající jak detailní koncepci, tak experimentální podporu.

První metabolické hypotézy. Některé poměrně nedávné návrhy uvádějí, že život mohl začít na pevném povrchu jako metabolický proces - cyklická chemická reakce řízená určitým zdrojem energie. Gunter Wächterschauser navrhuje, že pyrit obsahující atomy železa a síry má kladný povrchový náboj, k němuž mohly být připojeny organické molekuly. Probíhající tvorba tohoto minerálu mohla dodávat energii pro vzájemné reakce organických molekul, čímž by vzrůstala jejich složitost. Povšimněte si, že se tento model nezabývá problémem, jak zabudovat informaci do organických molekul, ale pouze

možností usnadnění polymerace. Ke své cti sám Wachterschauser připouští, že jeho teorie je z větší části pouhou spekulací.⁶⁴

Teorie Christiana de Duve, která je popsána v *Blueprint for a Cell* se soustředí na sloučeniny síry nazývané thioestery.⁶⁵ Opět jde o snahu nalézt zdroj energie, která by při průchodu systémem chemických reakcí usnadnila tvorbu důležitých biopolymerů. Ale opět je opominuta otázka informace; tento systém by pouze dodal energii odpovídající 30 cal/g entalpie a tepelným entropickým změnám. V tomto případě bude tedy nanejvýše usnadněna polymerace jinak těžko spojitelných molekul stavebních kamenů, bez ohledu na jejich přesnou sekenci a uspořádání, které je nezbytné pro vytvoření biologické funkce.

Samouspořádání v přírodě. Laureát Nobelovy ceny I. Prigogine studoval do značné míry snahu po samouspořádání v přírodě, jejímž příkladem jsou konvekční tok tepla a tvorba vírů, jež lze pozorovat např. při vypouštění vody z vany.⁶⁶ Prigoginova práce vytvořila rámec pro pochopení okolností, za nichž se projeví fenomen samouspořádání se. Zejména ukázal, že tyto jevy jsou pozorovány v systémech nalézajících se daleko od rovnováhy a je pro ně charakteristické nelineární chování.

Někdy se uvádí, že Prigoginova práce nabízí potenciální řešení problému vzniku života, ačkoliv Prigogine sám je v tomto ohledu mnohem skromnější.⁶⁷ Při aplikaci jeho práce na vznik života narážíme na problém, že spontánní uspořádání, které je typické pro Prigogineovy systémy vzdálené rovnováze, se jen málo podobá informačně bohatým a aperiodickým strukturám biopolymerů. Existuje vzdálená podobnost mezi uspořádaností nalézající se v krystalech, vírech a pod. a specifickou složitostí potřebné sekvence aminokyselin tvořících funkční protein. Je tedy obtížné si představit, jak mohou tyto myšlenky vyřešit záhadu nalézající se v samém srdci tajemství vzniku života.

Eigen a "hypercyklus". M. Eigen vytvořil jednu z nejkompexnějších prací ve snaze zjistit, jak mohl vzniknout jednoduchý živý systém.⁶⁸ Jeho práce je občas považována za řešení problému vzniku života. Eigen však uznává, že jeho "jednoduchý" systém je ve skutečnosti dosti složitý, představuje uskupení různých molekul proteinů a RNA. Souhlasí s tím, že se jeho práce týká spíše vývoje možných dávných živých systémů než jejich vzniku. Nemá tedy pro pochopení vzniku života význam snad kromě toho, že podrobně definuje systém s minimální složitostí, který je schopen zajišťovat základní životní funkce a má jistou schopnost se vyvíjet.

Informace: svatý grál výzkumu vzniku života

Bylo vytvořeno množství důmyslných schémat ukazujících průběh jinak energeticky nevýhodných chemických reakcí, pomocí nichž se z rozličných stavebních kamenů utvářejí biopolymery. Tvorba biopolymerů (např. proteinů) pouze ze správných stavebních kamenů (tj. aminokyselin v případě proteinů) a to pouze ze správných izomerů (L-aminokyselin) spojených pouze správnými vazbami (peptidovými vazbami) a se správným pořadím stavebních kamenů (vlastní sekvence aminokyselin v proteinu) představuje skutečně hrůzu nahánějící problém.

Živé systémy řeší tento problém pravděpodobně pomocí informačně bohatých templátů. Tak lze tvorbě informačně bohatých biopolymerů snáze porozumět. *Vznik* těchto složitých systémů, které jsou jednak informačně bohaté a jednak schopné autoreprodukce, je jádrem problému výzkumu vzniku života.

Sir Francis Crick poté, co uvážil tyto i další problémy spojené se vznikem života, poznamenal: "Vznik života vypadá jako zázrak, neboť je provázen množstvím obtíží."⁶⁹

V roce 1988 uzavírá Dose svůj vynikající přehledný článek tvrzením, že řešení obtíží výzkumu vzniku života se zdá být "mimo naši představivost."⁷⁰ Shapiro důrazně dokládá, že všechny současné teorie zkrachovaly a že musíme nalézt nové a úspěšnější paradigma, které povede naše hledání přirozeného vysvětlení vzniku života.⁷¹

S tím naprosto souhlasíme. Oparinovo-Haldaneovo paradigma již zřejmě neplní svou funkci, ale neexistují ani vyhlídky na vhodnou náhradu. Domníváme se však, že není nezbytné hledat řešení problému pomocí obvyklých schémat vycházejících pouze z chemie a fyziky, moudrostí, která omezila naše uvažování na přirozené příčiny.

V roce 1967 publikoval v *Chemical and Engineering News* britský filozof a fyzikální chemik Michael Polanyi významný článek nadepsaný "Život za hranicemi chemie a fyziky" (Life Transcending Physics and Chemistry). Uvedl, že chemie a fyzika mohou zodpovědně vysvětlit všechno v přírodě *kromě* lidských strojů a živých systémů. Zatímco, řekl, mohou být operace každé části automobilu vysvětleny v rámci obvyklých hranic přírodních zákonů, jak je ozřejmuje chemie a fyzika, jeho *existence* vyžaduje

vysvětlení, které přesahuje samotnou chemii a fyziku. Chod automobilu je umožněn působením zákonů chemie a fyziky za značně neobvyklých omezujících podmínek (informačně bohatých), které musel kdosi stanovit.

Polanyi dokazuje, že u živých systémů je tentýž problém. Operace v nich probíhající lze dobře chápat v rámci chemie, ale jejich vznik vzdoruje jednoduchému chemickému a fyzikálnímu vysvětlení. Zdroj informačně bohatých počátečních podmínek leží mimo říši samotné chemie a fyziky.

V následující části se podrobněji zmíníme o hypotéze, která vysvětluje existenci živých systémů působením nějaké inteligentní příčinné síly.

Hypotéza inteligentního záměru

Ve světle předcházející analýzy se domníváme, že existují důvody k pochybám, zda se uskutečnila prebiotická evoluce, a jako alternativu předkládáme inteligentní záměr. Sagan, Miller, Fox, Shapiro a většina dalších vědců zabývajících se vznikem života trvala na tom, aby byla dále hledána přirozená cesta; jsou přesvědčeni o tom, že prebiotickou evolucí vznikl život. Naše pochybnosti pramení však z praktických zkušeností. Zatvrzelá obhajoba prebiotické evoluce vychází z filozofické oddanosti, jež je zcela vzdálena praktické zkušenosti.

Vědci obvykle odmítají možnost alternativy k přirozenému procesu pokud jde o dichotomii přirozený-nadpřirozený. Mnoho teistů a naturalistů v metafyzice⁷² souhlasí s přijetím *metodologického* naturalismu - tj. oddanost hledání přirozených procesů bez ohledu na metafyzickou oddanost. Ať nadpřirozeno existuje nebo ne, říkají, že je nezbytné přistupovat k vědě z hlediska přirozených procesů, protože ostatní způsoby nemají s vědou co dělat. Souhlasíme se záměrem tohoto přístupu chránit nedotknutelnost vědy. Domníváme se však, že tento přístup je chybný a že jeho zastánci kladou nadbytečný požadavek jak na přírodu tak na vědeckou metodologii. Tento názor se nezmění ani v případě, že bude nalezena přirozená příčina nepřetžitého chodu světa. Myslíme si, že uvedený přístup je v rozporu s duchem vědy a zavání spíše metafyzickou oddaností - která se, pokud není rozpoznána, stává nebezpečnou.⁷³

Prvním krokem směřujícím k nové alternativě je odhalení skutečnosti, že výrazy "přirozený-nadpřirozený" jsou vlastní metafyzice, ale ne vědě, která se opírá o zkušenost. V mezích zkušenosti používáme pojem příčiny v obecném smyslu, v němž je zahrnuto přirozené i inteligentní působení. To znamená, že uvádíme do vztahu přirozenou a inteligentní příčinu bez ohledu na metafyzické kategorie. Věda je slepá k metafyzice a ani nepotvrzuje ani nepopírá nadpřirozeno; také ani nepotvrzuje ani nepopírá *naturalismus*, který vysvětluje vše přírodními procesy.

Člověk velmi často nedokáže pouze na základě svých zkušeností rozpoznat, zda příčina události je přirozená nebo inteligentní. V takovém případě je rozumné držet se rady filozofa Ludwiga Wittgensteina: "O čem člověk nedokáže hovořit, o tom má mlčet."⁷⁴ Mnoho lidí je však puženo zvláštní silou, která je nutí pojmenovat příčinu, i když si jí nemohou být jisti. "Příčina" je téměř vždy plodem jejich filozofie nebo náboženství. Někdy se později ukáže, že měli pravdu a jsou oslavováni pro jejich inteligenci a předvídavost. Jejich tvrzení bylo však jen přáním nebo tušením, i když mohlo vzniknout se vši jistotou a přesvědčením očitého svědka. Jindy se mýlí. V obou případech tvoří jejich pošetilé tvrzení, které nemá experimentální podklad, překážku v poznávání přírody.

Bohužel, uvedené chování není v historii vědy neobvyklé. Jak uvedl Daniel Boorstin: "Největší překážkou objevení tvaru Země, kontinentů a oceánů nebyla nevědomost, ale iluze o znalostech."⁷⁵ Podle naší zkušenosti je tento jev tím, co vedlo k přehnanému očekávání nalezení organických sloučenin, ne-li samého života, na Marsu, a zodpovídá za současný optimismus těch, kteří dychtí po uskutečnění dalšího výzkumného letu na Mars.

Argumentování na základě analogie. Na základě čeho lze jako příčinu nějaké minulé události vidět inteligenci? Obecně řečeno, k důkazu vlivu inteligence a k důkazu přirozené příčiny používáme stejnou metodu, tj. stejnou smyslovou zkušenost. Nazývá se metodou analogie. Filozof David Hume (1711 - 1776), který se metodou analogie zabýval velmi intenzivně, řekl: "Očekáváme, že příčiny, které vyhlížejí *podobně*, budou mít podobné následky." Hume dále uvádí: "Stejně pravidlo platí, jestli příčina způsobila existenci neinteligentní nevědomé hmoty nebo racionálního inteligentního bytí."⁷⁶ Pokud tedy při odpolední procházce po pláži narazíme na nápis v písku "John miluje Marii",

dospějeme na základě našich zkušeností k závěru, že ho někdo, snad i John nebo Marie, napsali.

Na dokreslení metody analogie si představme archeologické naleziště. Archeologové normálně používají principy analogie při určování inteligentní příčiny existence nějakého nálezu. Úvaha je asi taková: Dnes vidíme umělce vyrábějící keramiku. Zkoumáme-li tedy archeologické naleziště v mezopotámii a nalezneme střepy hlíněné nádoby, budeme se logicky domnívat, že i ji vytvořil hrnčíř.

Někdy však nelze rozhodnout tak jednoduše. Např. eolity byly považovány za artefakty vytvořené z pazourku; později se přišlo na to, že se podobají přírodním pazourkům, které se rozpadly přemíláním v proudu vody. Archeolog Kenneth Oakley však upozornil: "Pro přirozeně odštěpené pazourky obecně platí, že se dají snadno odložit od těch, které vytvořil člověk, protože jejich povrch postrádá logiku, pazourkovité kameny se vyskytují v neekonomickém nadbytku, hrany jsou potlučené a povrchy pazourku jsou zpravidla drsné."⁷⁷

V devatenáctém století propagoval astronom John F. W. Herschel analogickou metodu dedukce neznámých příčin na základě pozorovaných příčin: "Jsou-li si dva jevy *velmi důkladně a nápadně* podobné, a je-li současně příčina jednoho z nich zřejmá, bude stěží možné nesouhlasit s analogickou příčinou i druhého jevu, i když jako taková není jasně viditelná."⁷⁸ Metoda analogie určení příčin zaujímá také důležité místo ve významné práci Charlese Lyella, jejíž ústřední myšlenka - "Současnost je klíčem k minulosti"⁷⁹ je uchovávána v geologické literatuře jako svátost.

Vědci se spoléhali na metodu analogie více než 150 let. Obrovský úspěch vědy je přinejmenším částečným důkazem správnosti této metody. Na základě zkušenosti jsme se naučili přisuzovat jednotlivému jevu určitý druh příčiny, a pokud se pak setkáme s podobným jevem, tak samozřejmě a automaticky tomuto jevu přiřadíme podobnou příčinu. Tento názor vychází z našeho souboru zkušeností. Metoda analogie je zcela obecná a je užívána při rozpoznávání přirozených nebo inteligentních příčin.

Výzkum ETI. Existoval názor, že na Marsu jsou kanály. To vedlo k úvahám o existenci inteligentního života na této planetě. Ačkoliv byla tato myšlenka chybná, opět představuje způsob našeho uvažování: setkáme-li se s určitými druhy jevů, přisuzujeme jim v duchu principu analogie inteligentní původ.

Tento druh úvah využívali také astronomové při hledání inteligentního života ve vesmíru. Je běžně používán v týmech NASA určených pro vyhodnocování dat z planet a jejich měsíců. Při posuzování důkazů inteligentního života na planetách je rozhodujícím kritériem nalezení rysů charakteristických pro věci produkované inteligencí.

Současné hledání mimozemské inteligence (search for extraterrestrial intelligence = SETI) také dokumentuje přijatelnost inteligentních příčin ve vědě. Nelze vytvářet dojem, že ETI skutečně existuje, protože pro to chybí důkaz. Současný program SETI je však uskutečňován v rámci legitimní vědy.

Pokud někdy vědci zachytí radiové vlny z vesmíru, které byly vyslané ETI, jak je odliší od šumu? Tato otázka leží v podtextu sci-fi povídky *Kontakt* Carla Sagana. Sagan nás upozorňuje na to, že sice na naši planetu neustále dopadá množství radiových vln, ale všechny jsou přirozeného původu. Toto záření je "způsobeno fyzikálními procesy - spirálním pohybem elektronů v galaktickém magnetickém poli nebo vzájemnými srážkami molekul v mezihvězdném prostoru nebo vzdálenými ozvěnami rudého posuvu gamma paprsků, k němuž došlo při velkém třesku na počátku vesmíru - jejichž důsledkem je, že mírné a zchlazené radiové vlny v dnešní době naplňují celý vesmír." Dosud "se z hlubin vesmíru nevynořil žádný skutečný signál, cosi vytvořeného, něco umělého, něco vymyšleného cizím intelektem."⁸⁰

Podobně jako v Saganově povídce sledují rozličné radioteleskopy pečlivě oblohu, aby zachytily nějaký umělý elektromagnetický signál, který by zjevně nebyl jen náhodným radiovým šumem. Např. signál představovaný sérií prvočísel by prozrazoval existenci vzdálené civilizace (prvočísla jsou čísla dělitelná pouze sama sebou a 1). Společenství vědců SETI považuje jakýkoliv přirozený mechanismus generující prvočísla za tak nepravděpodobný, že jejich řada přicházející jako signál z vesmíru by byla přijata jako důkaz existence mimozemské civilizace.

Během doby bylo vytvořeno několik programů SETI, na jejichž počátku stál v roce 1960 projekt Ozma. Novější je projekt Sentinel, hlavní projekt Planetární společnosti.⁸¹ Jeho rozšířená verze nazvaná projekt META (Megachannel Extraterrestrial Assay) může prozkoumat více než osm miliónů radiových kanálů, není-li mezi nimi radiový signál z vesmíru.⁸² V roce 1992 odsouhlasil SETI americký kongres 100 miliónů dolarů na sledování radiových vln, na poslech miliónů radiových kanálů, aby bylo možné zachytit

signály, které by ukázaly, že se během evoluce objevil inteligentní život i někde jinde ve vesmíru.⁸³

Astronom Carl Sagan tvrdil, že jediná zpráva z vesmíru by potvrdila existenci mimozemské inteligence: "Jsou tací, kteří věří v řešitelnost našich problémů, v to, že lidstvo ještě prožívá své dětství a že brzy přijde den, kdy dospěje. Přijetí *jediného poselství z vesmíru* by ukázalo, že je možné přežít toto technologické dospívání; civilizace, která by vyslala zprávu, by je konec konců přežila."⁸⁴

Jsou-li Saganovy předpoklady správné, co pak můžeme vyvozovat z velkého množství informací, které je vlastní i nejjednoduššímu živému systému? Je vhodné usuzovat z této skutečnosti na existenci inteligentní příčiny? Měla by ztráta věrohodnosti podobných argumentů založených v 18. století na teologii způsobit náš zájem o takové hypotézy? Touto kritickou otázkou, kdy (jestli vůbec) bude potvrzena správnost úvahy o inteligentní příčině pomocí vědeckých pozorování, se budeme dosti obšírně zabývat v následující části.

Pokud neexistuje jednoznačná zkušenost, nemáme jistotu ohledně toho, zda příčina určitého jevu byla přirozená nebo inteligentí. Pro ilustraci si představme, že jsme detektivové vyšetřující smrt člověka. Jednalo se o vraždu nebo o přirozenou smrt? Odpověď nemůžeme znát předem. Musíme vyšetřovat a nalézt. Kdyby detektiv na začátku svého vyšetřování prohlásil, že smrt mohla být pouze přirozená, protestovali bychom proti tomu tvrzení, že došlo k nelegitimnímu omezení možných příčin. Protože to, co bychom chtěli odhalit naším výzkumem, je přesně totéž, tedy zda smrt nastala v důsledku vlivu inteligence (vražda) nebo zda byla přirozená, potřebujeme metodu zkoumání, která připouští obě vysvětlení. Zrovna tak i ti, kteří se upřímně snaží objevit, zda událost v přírodě je výsledkem intelektu nebo přírodního procesu, potřebují metodu připouštějící obě vysvětlení. Potřebujeme metodu, která nám umožní rozhodnout s nejvyšší pravděpodobností mezi oběma variantami.

Jaká současná pozorování jsou klíčem k minulosti?

Viděli jsme legitimitu metody analogie, která směřuje od současného pozorování do minulosti. Aplikací tohoto stylu uvažování na otázku vzniku života chceme zjistit, zda je život výsledkem přirozených nebo inteligentních příčin. Hledáme důkaz, že tento jev má tytéž charakteristiky jako objekty, které známe z naší zkušenosti. Má objekt, jehož původ chceme objasnit, typickou vlastnost, o níž ze zkušenosti víme, že označuje produkty působení inteligence? Pokud ano, pak mu můžeme přisoudit inteligentní příčinu. Nalezneme-li charakteristiku, která ze zkušenosti ukazuje na přirozenou příčinu, pak mu přisoudíme přirozenou příčinu. Jinak jednoduše přiznáme, že nemáme dostatek informací pro to, abychom mohli rozhodnout.

Princip analogie vyžaduje pouze, aby příčina pozorovaná v přítomnosti byla podobného druhu jako příčinu předpokládaná pro minulost. Např. není nutné nalézt v současnosti život spontánně vznikající z neživého materiálu, abychom předpokládali, že se tak stalo v minulosti. Vše, co je třeba pro přijatelný scénář přirozeného původu života, je nalézt podobný příklad, kde je nějaký charakteristický rys života vytvořen přirozeně (a to je hlavní cíl laboratorních modelových pokusů). Podobně nemusíme chytit při činu intelekt v současnosti působící, který by byl identický s intelektem předpokládaným v minulosti, abychom učinili scénář inteligentní příčiny věrohodným. Vše, co je nutné, je pozorovat podobné druhy inteligentních příčin, které regulérně vytvářejí nějaký charakteristický rys života.⁸⁵ Na základě čeho lze rozhodnout o podobnosti příčin? Na základě "*nápadné a důkladné*" podobnosti jevů.⁸⁶

V současnosti pozorovatelnou inteligentní příčinou je zpravidla člověk. Ale lze předpokládat i ostatní formy inteligence. Vracíme-li se zpět od jevu k příčině, je domnělá inteligence druhově specifická: teoreticky by mohla být z této Země nebo být mimo ni. Vědci pracující na programu SETI nepotřebují předpokládat lidskou inteligenci, která vysílá rádiová poselství z vesmíru. Na základě analogie potřebujeme pouze předpokládat inteligenci *podobnou* lidské. Postulujeme-li inteligentní příčinu vzniku života, nemůže to být lidská inteligence, protože lidé tehdy ještě neexistovali. Nicméně, jestliže dokážeme vykonstruovat přijatelný analogický případ, můžeme předpokládat podobnou inteligentní příčinu.

Jaká spojení příčiny a jevu jsou v současnosti pozorována, která by opravňovala příznivce chemické evoluce usuzovat na přirozenou příčinu vzniku života? Co nám

umožňuje usuzovat na inteligentní příčinu? Stejně jako v jiných oblastech vědy i zde spoléháme na prubířský kámen získané smyslové zkušenosti.

Základní rozdíl mezi hlediskem hypotézy chemické evoluce a hlediskem hypotézy inteligentního původu je, že odlišná vybraná pozorování ze současnosti tvoří základ pro použití analogie směrem do minulosti. Chemická evoluce vychází z laboratorních experimentů, které, jak uvádějí její příznivci, jsou přijatelnými nápodobami událostí, jež se uskutečnily na dávné Zemi. Jenže ani život ani nic jiného, co by se podstatným způsobem podobalo základním rysům života, nebylo při těchto laboratorních pokusech získáno. Hodně optimismu vzniklo kolem návrhů přijatelných cest vedoucích k životu (jako v Millerově původní práci), tento optimismus však postupně vytěkal.

Klasické teologické důkazy

Jaká pozorování v současnosti vedou zastánce inteligentního vlivu při tvorbě analogie do minulosti? Názor o vlivu inteligence vychází ze soudobého pozorování, že lidský intelekt je potřebný k tvorbě složitého uskupení hmoty, s jakým se můžeme setkat např. v počítačích, v literárních dílech, malbách a mostech. Je-li současnost klíčem k minulosti, pak za všechna odpovídajícím způsobem podobná složitá uskupení z minulosti musí odpovídat inteligentní příčina podobná lidské.

Názor inteligentního vlivu na vznik života byl dominujícím názorem inteligence po většinu dějin západu až do konce devatenáctého století. Typický teologický argument směřoval přímo od uspořádání vesmíru k existenci inteligence (boha) zodpovědné za toto uspořádání. Od nepaměti krása ptáků a květin, střídání ročních dob a význačná přizpůsobivost živých tvorů vedla lidi k předpokladu existence jakési inteligentní příčiny, která se za tím vším nachází.

Během vědecké revoluce v sedmnáctém století nabyl tento argument uspořádanosti ještě na síle. Vědci studovali spletité struktury do hloubky a detailu, což bylo doposud neobvyklé. Mnozí se stali přesvědčenějšími než kdy před tím, že taková uspořádanost vyžaduje inteligentní příčinu. Isaac Newton vyjádřil všeobecný názor slovy: "Tento nejkrásnější systém slunce, planet a komet mohl vzniknout pouze z rad a působení nějakého inteligentního a mocného jsoucna."⁸⁷ Teologický důkaz jsoucnosti boží byl

vždy většinou vědců přijímán. Je njempiričtější z argumentů, neboť je založen na výzkumných předpokladech o druhu uspořádanosti jakou nalézáme v přírodě.⁸⁸

Ironií osudu to byla opět vědecká revoluce která nakonec způsobila, že mnozí zavrhli teologický důkaz. Vědci opakovaně nalézali přirozené příčiny pro události, které byly do té doby záhadné. Mohou-li přirozené příčiny vysvětlit tyto věci, usuzovali, snad mohou vysvětlit také všechno ostatní. Potřebujeme skutečně inteligentní příčinu k vysvětlení uspořádanosti světa?

Vězměme si strukturu sněhové vločky. Složitá krása sněhové vločky vedla mnohého věřícího k protestu proti moudrosti Stvořitele. Nicméně struktura sněhové vločky není záhadná ani nadpřirozená. Vzniká přirozeným procesem dendritického růstu, který provází fázovou změnu vody z kapalného do pevného skupenství.

Klasickým argumentem teologických tvrzení je, že uspořádanost existující kolem nás nemohla vzniknout z přirozených příčin. Sněhová vločka dokazuje nesprávnost tohoto tvrzení. Je dokladem toho, že alespoň některé druhy uspořádanosti mohou vznikat z přirozených příčin. A pokud hmota sama může dát vzniknout uspořádanosti v nějakém případě, proč by to tak nemohlo být i v jiných případech? Proč se ještě potřebujeme zaměřovat na inteligentní Jsoucno kvůli vysvětlení vzniku života a světa? Potřebujeme pouze pokračovat v hledání přirozených příčin. Trend směřující od teologie vyvrcholil v Darwinových důkazech, že přirozený výběr vytvořil "zjevné uspořádání světa"; to znamenalo, že odpadla potřeba inteligentního Tvůrce. Tak tento problém našel své místo ve vědecké komunitě a ve světě na více než jedno století.

Díky aplikaci informační teorie si nyní uvědomujeme, že skutečně existují dva druhy uspořádanosti. První druh (sněhová vločka) vzniká v důsledku vlastností materiálu, z něhož je daná věc tvořena (v tomto případě z molekul vody). Nemůžeme z toho usuzovat na inteligentní příčinu, snad kromě čehosi, co je obrazně řečeno kdesi nad přirozenou příčinou. Druhý druh není však důsledkem ničeho, co je v hmotě samé. To je v principu protikladné k čemukoliv, co vzniká přirozeně. Tento druh uspořádanosti tvoří důkaz inteligentní příčiny.

Moderní teologické argumenty

Nyní mnohem podrobněji vysvětlíme dva zmiňované druhy uspořádanosti. Při putování různými částmi Spojených států můžete narazit na neobvyklé skalní útvary. Turistický průvodce by vám vysvětlil, že tyto tvary vznikají, když je skála tvořena více než jedním druhem minerálu. Díky tomuto proměnlivému složení jsou některé části skály měkčí než ostatní. Déšť a vítr způsobí erozi rychleji v měkčích částech útvaru, kdežto tvrdší místa zůstanou nedotčena a vyčnívají do prostoru. Tímto způsobem vznikne skalní útvar nepravděpodobného tvaru. Může dokonce připomínat nějaký známý objekt, např. tvář. Na druhou stranu může útvar vypadat, jako kdyby byl takto úmyslně otesán. Při bližším prozkoumání z různých úhlů si povšimnete, že podobnost je jen povrchní. Tvar vždy odpovídá tomu, co dokáže eroze s přirozenou kvalitou skály (měkké části odstranila, tvrdé části vyčnívají). Po té dospějete k závěru, že skála vznikla přirozenou cestou. Za to, co vidíte, skutečně nesou zodpovědnost přírodní síly.

Nyní si uvedeme příklad odlišného druhu uspořádanosti. Řekněme, že na svých cestách navštívíte Mount Rushmor. Narazíte tam v žulové stěně na čtyři tváře. Hrany těchto tváří nesledují přirozenou skladbu skály; odštipnutá místa vypovídají, že byla odsekuta měkká i tvrdá část. Tyto tvary nepřipomínají nic, o čem jsme se přesvědčili, že vzniklo erozí. V tomto případě není tvar skály výsledkem přirozeným procesů. Spíše na základě jednoznačné zkušenosti budeme předpokládat, že vše je dílem nějakého řemeslníka. Tyto čtyři tváře vytvořila ve sklní stěně inteligence.

Nikomu znás nepřipadá obtížné rozlišit od sebe tyto dva druhy uspořádanosti, z nichž jeden vznikl vlivem přirozených sil a druhý v důsledku inteligence. Vrátime-li se zpět k teologickému argumentu, otázka zní: "S jakým druhem uspořádanosti se setkáváme v přírodě?" Pokud bychom našli pouze první druh, pak bychom mohli říci, že k vytvoření vesmíru, tak jak ho dnes známe, stačily pouze přirozené síly. Pokud ovšem narazíme na nějaký příklad druhého druhu uspořádanosti, druhu vytvořeného inteligencí, bude to důkaz působení inteligentní příčiny. Věda sama by pak směřovala za hmotný svět směrem k jeho vzniku, který umožnila inteligentní síla.

Existuje v současném biologickém světě něco, co by podle výše zmiňovaných kritérií svým charakterem ukazovalo na inteligentní příčinu? Existuje něco, co by mohlo na základě zkušenosti potvrdit, že život vznikl v minulosti vlivem působení inteligence?

Moderní teologický argument a informace

Jednou z největších událostí ve vědě dvacátého století je jistě odhalení struktury DNA a vyřešení genetického kódu. DNA je známou molekulou dědičnosti. Každý z nás začal jako maličký míček velikosti tečky za větou. Všechny naše fyzické vlastnosti - výška, barva vlasů, barva očí atd. - byly zapsány v naší DNA. Ta určovala náš vývoj až do dospělosti.

Základní struktura DNA je celkem jednoduchá, ačkoliv z hlediska funkčnosti je neuvěřitelně složitá. Nyní většina gramotných lidí ví o dvojšroubovicové struktuře molekuly DNA. Vypadá jako žebřík stočený do spirály. Molekuly cukru a fosfátu tvoří strany tohoto žebříku. Jako příčky slouží čtyři druhy bází. Jsou to adenin, thymin, guanin a cytosin. To jsou písmena genetické abecedy. Jejich kombinováním do různých sekvencí vznikají slova, věty a odstavce. V pořadí těchto bází jsou ukryty veškeré instrukce potřebné pro existenci funkční buňky.

Zastánci inteligentního původu života tvrdí, že molekulární biologie odkryla analogii mezi DNA a jazykem a dala tím vzniknout *sekvenční hypotéze*. Sekvenční hypotéza předpokládá, že přesným uspořádáním symbolů je zaznamenána informace. Základní sekvence v DNA kódovaně hláskují instrukce, jak např. buňka tvoří proteiny. Funguje to stejným způsobem, jako v tomto textu poskytují písmena abecedy v určitém pořadí informaci o vzniku života. Genetický kód funguje naprosto stejně jako jazykový kód - skutečně to je kód. Je to molekulární komunikační systém: v sekvenci chemických "písmen" je v každé živé buňce uložena a přenášena komunikace.

Komunikace je možná bez ohledu na to, jaké symboly tvoří abecedu. Dvacet šest písmen používaných v angličtině, třicet dva písmen azbuky používaných v ruském jazyce a čtyři písmena genetické abecedy - všechny slouží srovnatelně při komunikaci.

Informační teorie je vědou přenosu zpráv vytvořenou Claudem Shannonem a dalšími inženýry v Bellových telefonních laboratořích koncem čtyřicátých let. Zabývá se matematickými prostředky měření informace. Informační teorie je použitelná pro jakýkoliv systém symbolů bez ohledu na kvalitu prvků tohoto systému. Tzv. Shannonovi informační zákony jsou stejně dobře použitelné v lidském jazyce, Morseově kódu i genetickém textu.

Existuje strukturní identita mezi základními sekvencemi zprávy v DNA a sekvencemi písmen abecedy v napsané zprávě a to nás ujišťuje o tom, že analogie je "nápadná a

důkladná", jak zněla Herschelova podmínka. Tato strukturní identita je základem pro aplikaci informační teorie v biologii. Jak uvedl Hubert P. Yockey v *Journal of Theoretical Biology*: "Sekvenční hypotéza je použitelná přímo pro proteiny a genetický text stejně jako pro psaný jazyk, a tedy i matematický aparát je v obou případech identický."⁸⁹

Tento závěr je velmi důležitý pro současnou diskusi o vzniku života a je v současné době zastánci inteligentního počátku života využíván jako klíč k minulosti. Pokud jde o napsané poselství, víme, že za ním stojí inteligentní příčina. Použitím analogie dospějeme k závěr, že pozoruhodné sekvence v DNA mají také inteligentní původ. Na základě analogie také usuzujeme, že tato inteligence se podobá lidské inteligenci. Protože je DNA nezbytnou molekulární složkou každé formy života, který známe, dospějeme podobně k závěru, že život na Zemi má inteligentní příčinu.

Objev, že DNA je nositelem genetické zprávy, dává teologickému argumentu nový význam. Protože život je ve své podstatě systém chemických zpráv, je počátek života počátkem informace. Genetické poselství je velmi specifickým druhem uspořádanosti. Představuje specifickou složitost".⁹⁰ Abychom porozuměli tomuto výrazu, musíme se stručně zmínit o informační teorii a její aplikaci v biologii.

Informační teorie umožňuje měřitelnost informace, a tak realizuje jeden důležitý cíl matematiků. Nalézá své místo v biologii díky svojí schopnosti kvantifikovat uspořádanost a vyjádřit ji číselně. Biologové již dávno pochopili důležitost pojmu uspořádanosti. Dokud neexistoval způsob, jak uspořádanost měřit, nebyl v tomto ohledu možný téměř žádný další vývoj. Uspořádanost, hovoříme-li řečí informace, to dokáže. "Hrubě řečeno," říká Leslie Orgel, "informační obsah struktury představuje minimální počet instrukcí potřebných pro specifikaci této struktury."⁹² Složitost struktury roste s počtem instrukcí nezbytných pro její specifikaci a s množstvím informace, kterou obsahuje.

Náhodné struktury vyžadují jen velmi málo instrukcí. Chceme-li např. napsat skupiny písmen, které nedávají smysl, potřebujeme pouze dvě nezbytné instrukce: "Napiš písmeno mezi A a Z" a "Opakuj předchozí příkaz," opakované až do konce. Vysoce uspořádaná struktura jako je např. skupina neustále se opakujících písmen nebo čísel vyžaduje také jen několik instrukcí. Kniha, v níž se neustále opakuje věta "Miluji tě," představuje vysoce uspořádanou skupinu písmen. Je potřeba několik instrukcí, které specifikují, jaká písmena je třeba zvolit a jaké je jejich pořadí. Tyto instrukce doplněné o výzvu "Opakuj předchozí" tolikrát, kolikrát je třeba, umožňují vytvořit knihu. Na rozdíl od

náhodných nebo uspořádaných sekvencí vyžadují složité struktury množství instrukcí. Chceme-li, aby počítač napsal např. báseň, musíme specifikovat každé písmeno. To znamená, že báseň má vysoký informační obsah.

Specifikování sekvence

Informace v tomto kontextu znamená přesné určení neboli specifikování pořadí písmen. Již jsme uvedli, že zpráva představuje "specifickou složitost." Nyní již rozumíme pojmu *specifická*. Nejspecifičtější je věc, u níž je možná volba při vyplnění každé instrukce.

V náhodném případě jsou možnosti volby neomezené, každá z nich má stejnou pravděpodobnost. Např. při tvorbě souboru náhodně zvolených písmen není výběr písmen v kterémkoli kroku nijak omezován. Písmena nejsou specifikována.

Naproti tomu je uspořádaná struktura, jako např. naše kniha plná výrazů "Miluji tě," vysoce specifická, ale zpráva se neustále opakuje, takže celek není složitý, ačkoliv je každé písmeno specifikováno. Jak již bylo řečeno, má nízký informační obsah, protože k jejímu specifikování je potřeba jen málo instrukcí. Uspořádané struktury a náhodné struktury jsou si podobné v tom, že obě mají nízký informační obsah. Liší se tím, že uspořádané struktury jsou vysoce specifické a náhodné struktury jsou nespecifické.

Složitá struktura, jako je báseň, je rovněž vysoce specifická. Liší se však od uspořádané struktury tím, že je nejen vysoce specifická, ale má i vysoký informační obsah. Napsání básně vyžaduje nové instrukce pro specifikace každého písmene.

Stručně řečeno, informační teorie nám poskytuje nástroj k rozlišení dvou druhů uspořádanosti, o nichž jsme hovořili v předchozí části. Nedostatek uspořádanosti - nahodilost - není jevem ani specifickým ani nemá vysokou informační hodnotu.

První druh uspořádanosti nalezneme např. u sněhových vloček. Použijeme-li výrazy informační teorie, je sněhová vločka specifická, má ale nízký informační obsah. Její uspořádanost vzniká neustálým opakováním jednoduché struktury. Je to týž případ jako kniha plná výrazů "Miluji tě." Druhý druh uspořádanosti, s nímž jsme se setkali na tvářích na Mount Rushmore, je jak specifický, tak má i vysoký informační obsah.

Život obsahuje informaci

Molekuly charakterizované specifickou složitostí tvoří živé objekty. Tyto molekuly jsou zejména DNA a proteiny. Naproti tomu spadají objekty neživé přírody do jedné ze dvou následujících kategorií. Jsou buď nespecifické a náhodné (kusy žuly a směs náhodných nukleotidů) nebo specifické ale jednoduché (sněhové vločky a krystaly). Krystal nelze posuzovat jako živý objekt, protože postrádá složitost. Podobně tak nelze pohlížet na řetězec náhodných nukleotidů, protože ten není specifický.⁹³ Žádné neživé objekty s výjimkou DNA a proteinů živých objektů, lidských výtvorů a psaného jazyka, nemají specifickou složitost.

Biologové dlouhou dobu přehlíželi rozdíl mezi těmito dvěma druhy uspořádanosti (jednoduchá, periodická uspořádanost versus specifická složitost). Až nyní si uvědomili, že charakteristickým rysem živých systémů není uspořádanost ale specifická složitost.⁹⁴

Sekvence nukleotidů v DNA nebo aminokyselin v bílkovinách není opakující se uspořádanost typická pro krystaly. Podobá se spíše písmenům v napsané zprávě.

Zpráva není složena z neustále se opakující sekvence písmen. Nepředstavuje jinak řečeno první druh uspořádanosti. Ve skutečnosti jsou písmena, která tvoří zprávu, v určitém smyslu náhodná. V písmenech *g-i-f-t* není ukryto nic, co by napovědělo, že toto slovo v angličtině znamená "dar." Ve skutečnosti totéž slovo znamená v němčině "jed." Ve francouštině nemá tato sekvence písmen žádný význam. Budete-li procházet skupiny písmen řecké abecedy a neznáte-li řečtinu, nedokážete je přečíst. Nedokážete ani říci, zda písmena tvoří řecká slova, nebo zda jsou jen náhodně uskupena. Tam neexistuje žádný detegovatelný rozdíl.

To, co odlišuje zprávu, je, že určité náhodné uskupení písmen má nějaký význam podle dané konvence symbolů. Nic neodlišuje sekvenci *a-n-d* od *n-a-d* nebo *n-d-a* pro člověka, který neumí anglicky. V angličtině je však sekvence *a-n-d* vysoce specifická a má zvláštní význam. Jak barvitě vyjádřil Henry Quastler, je to "zapamatovaný náhodný výběr."⁹⁵

Nyní víme, že neexistuje žádná souvislost mezi pravidelně se opakující sekvencí a specifickou složitostí v proteinech a DNA. Nemůžeme, tak jako někteří nesprávně činili, hledat analogii mezi tvorbou krystalu a vznikem života. Nelze dokázat, že protože

přirozené síly vytvářejí krystal, tak jsou zodpovědné i za vznik živých objektů. Uspořádanost, s níž se setkáváme v krystalech a sněhových vločkách, není analogická specifické složitosti, kterou nalézáme u živých objektů.

Nedostali jsme se zpět ke komplikovanější formě teologického argumentu? Na základě pochopení informační teorie už dále nepotřebujeme diskutovat o uspořádanosti v obecném smyslu. Uspořádanost s nízkým obsahem informace (první druh) vzniká při přirozených procesech. Neexistuje však přesvědčivý experimentální důkaz, že uspořádanost s vysokým informačním obsahem (druhý druh neboli specifická složitost) může vzniknout přirozenými procesy. Jediný důkaz, který nyní ve skutečnosti máme, je, že tvorba druhého druhu uspořádanosti vyžaduje inteligenci.

Vědci mohou syntetizovat proteiny odpovídající přírodním proteinům. Chemici vyrábějí ve velkém množství sloučeniny, jako např. insulin, pro lékařské účely. Otázka zní, jak to dělají? Jistě ne pomocí náhody nebo přirozených příčin. Pouze za dodržení přesných podmínek pokusu mohou chemici syntetizovat proteiny identické s těmi, které se nacházejí v živé přírodě. Použitím určitých podmínek při experimentu se omezuje možnost "výběru" v každém kroku procesu. To je způsob, jakým je dodávána informace. Chceme-li uvažovat o tom, jak vznikly první informační molekuly, nejrozumnější se zdá úvaha, že v té době působila nějaká forma inteligence. Nemůžeme identifikovat tento zdroj pomocí pouhé vědecké analýzy. Věda nedokáže doplnit jméno této inteligentní příčiny. Nemůžeme se ujistit z empirických dat uložených na DNA, zda se jednalo o inteligenci z tohoto vesmíru, ale mimo tuto Zemi, jak prohlašovali Hoyle a Wikramasinghe.⁹⁶ Povšimněte si, že nedokazují inteligentní příčinu per se, ale popírají přirozenou příčinu. Tato příčina může ležet mimo kosmos, jak uvádí historický teismus. Vše, co můžeme říci, je, že je jistě rozumné předpokládat, že za tvorbu informace v molekule DNA odpovídá inteligentní síla. Život vznikl z "někoho," nikoliv z "něčeho."

Snad bychom mohli identifikovat tuto sílu dosti podrobně pomocí dalších argumentů. Mohli bychom např. použít náhled historických, filozofických nebo teologických argumentů nebo vzít do úvahy řadu důkazů, které se k tomuto problému vztahují, z jiných oblastí vědy. Ale vědecké zkoumání vzniku života nás jednoznačně dovedlo k

závěru, že inteligentní příčina může v konečné analýze být jedinou rozumnou možností vysvětlení záhady vzniku života: *informace*.

Obrátíme-li se na sporné otázky týkající se vzniku hlavních taxonomických skupin, nalezneme další důkaz pro inteligentní sílu.

Literatura

1. A.I. Oparin, *Origin of Life*, do angličtiny přeložil S. Morgulis (New York: Macmillan, 1924).
2. Stanley L. Miller, "Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions," *Science* **117**(1953): 528-29.
3. Citováno v: R. Shapiro, *Origins* (New York: Summit Books, 1986), str. 99.
4. William Day, *Genesis on Planet Earth* (East Lansing, Mich.: House of Talos, 1979), str. 7.
5. Citováno v: S. Tax, ed., *Evolution After Darwin* (Chicago: University of Chicago Press, 1960), **1**: 57.
6. K. Dose, "The Origin of Life: More Questions Than Answers," *Interdisciplinary Science Reviews* **13** (1988): 348.
7. D. Kenyon a G. Steinman, *Biochemical Predestination* (New York: McGraw-Hill, 1969).
8. J. Horgan, "In the Beginning..." *Scientific American*, únor 1991, str. 17.
9. S.W. Fox a K. Dose, *Molecular Evolution and the Origin of Life* (New York: Marcel Dekker, 1977).
10. B.L. Bass a T.R. Cech, "Specific Interaction Between Self-Splicing of RNA of *Tetrahymena* and Its Guanosine Substrate," *Nature* **308** (1984): 820; T.R. Cech, A.J. Zaugg a P.J. Grabowski, "In Vitro Splicing of the Ribosomal RNA Precursor of *Tetrahymena*," *Cell* **27** (1981): 487.
11. R. Shapiro, "Prebiotic Synthesis: A Critical Analysis," *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* **18** (1988): 71.
12. Horgan, "In the Beginning," str. 117.
13. J.S. Levine, ed., *The Photochemistry of Atmospheres" Earth, the Other Planets and Comets* (Orlando, Fla.: Academic, 1985).
14. Horgan, "In the Beginning," str. 117.
15. Dose, "Origin of Life"
16. I. Barbour, *Science Ponders Religion* (New York: Appleton-Century-Crofts, 1960), str. 200.
17. W.L. Bradley, "Thermodynamics and the Origin of Life," *Perspectives on Science and Christian Faith* **40** (1988): 72.
18. L. von Bertalanffy, *Robots, Men and Minds* (New York: George Braziller, 1967), str. 82.
19. A.L. Lehninger, *Biochemistry* (New York: Worth, 1970).
20. C.B. Thaxton, W.L. Bradley a R.L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories* (Dallas: Lewis a Stanley, 1992).

21. Citováno v R. Vallery-Radot, *The Life of Pasteur*, přeložil R.L. Devonshire (New York: Doubleday, 1920), str. 109.
22. F. Darwin, *The Life and Letters of Charles Darwin* (New York: Appelton, 1887), 2: 202.
23. Oparin, *Origin of Life*.
24. J.B.S. Haldane v *Rationalist Annual* **148** (1929): 3.
25. J.P. Ferris, "Prebiotic Synthesis: Problems and Challenges," *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* **52** (1987): 30.
26. Shapiro, "Prebiotic Ribose Synthesis."
27. Dose, "Origin of Life."
28. Horgan, "In the Beginning."
29. Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*, str. 43.
30. Citováno v Shapiro, *Origins*, str. 112.
31. Fox a Dose, *Molecular Evolution*; I. Shklovskii a C. Sagan, *Intelligent Life in the Universe* (New York: Dell, 1966), str. 231.
32. Levine, *Photochemistry of Atmospheres*.
33. O těchto pokusech bylo referováno v několika abstraktech a přednáškách na: Fifth ISSOL Meeting, Berkeley, Calif., 1986.
34. Bradley, "Thermodynamics"; Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*.
35. H. Borsook a E.H.M. Huffman v: *Chemistry of Amino Acids and Proteins*, ed. C.L.A. Schmidt (Springfield, Mass.: Charles C. Thomas, 1944), str. 822.
36. Fox a Dose, *Molecular Evolution*.
37. Bradley, "Thermodynamics"; Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*, kap. 8.
38. P.A. Temussi a spol., "Structural Characterization of Thermal Prebiotic Polypeptides," *Journal of Molecular Evolution* **7** (1976): 105.
39. Bradley, "Thermodynamics"; Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*, kap. 9.
40. Tamtéž.
41. Tamtéž.
42. J.S. Wicken, *Evolution, Thermodynamics and Information: Extending the Darwinian Program* (New York: Oxford University Press, 1987).
43. Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*.
44. B.O. Koppers, *Information and the Origin of Life* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990), str. 170-72.
45. Wicken, *Evolution, Thermodynamics*; Shapiro, *Origins*; A.E. Wilder Smith, *The Creation of Life* (Wheaton Ill.: Harold Shaw, 1970); Hubert P. Yockey, "On the Information Content of Cytochrome C," *Journal of Theoretical Biology* **67** (1977): 345; Hubert P. Yockey, "A Calculation of the Probability of Spontaneous Biogenesis by Information Theory," *Journal of Theoretical Biology* **67** (1977): 377; Hubert P. Yockey, "Self-Organization Origin of Life Scenarios and Information Theory," *Journal of Theoretical Biology* **191** (1981): 13.
46. H.P. Yockey, "A Calculation of the Probability of Spontaneous Biogenesis by Information Theory," *Journal of Theoretical Biology* **67** (1981): 377.
47. F. Hole, *The Intelligent Universe* (London: Michael Joseph, 1983); Kenyon a Steinman, *Biochemical Predestination*.
48. Shapiro, "Prebiotic Ribose Synthesis."

49. Citováno v: Horgan, "In the Beginning."
50. F. Crick, *Life Itself* (New York: Simon a Schuster, 1981ä).
51. Dose, "Origin of Life."
52. Horgan, "In the Beginning."
53. Wicken, *Evolution, Thermodynamics*.
54. W.L. Bradley, "Thermodynamics and the Origin of Life," rukopis.
55. Fox a Dose, *Molecular Evolution*.
56. Wicken, *Evolution, Thermodynamics*; G. Steinman a M.N. Cole, "Synthesis of Biologically Pertinent Peptides Under Possible Primordial Conditions," *Proceedings of the National Academy of Science* **58** (1967): 753.
57. R.A. Kok, J.A. Taylor a W.L. Bradley, "A Statistical Examination of Self-Ordering of Amino Acids in Protein," *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* **18** (1988): 135.
58. Koppers, *Information and the Origin*.
59. A.G. Cairns-Smith, *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life* (New York: Cambridge University Press, 1982); Thaxton, Bradley a Olsen, *Mystery of Life's Origin*; Shapiro, *Origins*.
60. Horgan, "In the Beginning."
61. Tamtéž.
62. J.M. Edmond, K.L. von Damm, R.E. McDuff a C.I. Measures, "Chemistry of Hot Springs on the East Pacific Rise and Their Effluent Dispersal," *Nature* **297** (1982): 187.
63. S.L. Miller, "Which organic Compound Could Have Occurred on Prebiotic Earth?" *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* **52** (1987): 17.
64. Horgan, "In the Beginning."
65. C. de Duve, *Blueprint for a Cell* (Burlington, N.C.: Patterson, 1991).
66. I. Prigogine, *From Being to Becoming* (San Francisco: W.H. Freeman, 1980); G. Nicolis a I. Prigogine, *Self Organization in Non-equilibrium Systems* (New York: John Wiley a Sons, 1977).
67. G. Nicolis, I. Prigogine a A. Babloyantz, "Thermodynamics of Evolution," *Physics Today*, listopad 1972, str. 23.
68. M. Eigen a P. Schuster, "The Hypercycle-A Principle of Natural Self Organization," *Naturwissenschaften* **65** (1978): 341.
69. Citováno v: Horgan, "In the Beginning."
70. Dose, "Origin of Life."
71. Shapiro, *Origins*.
72. Hilde Hein, *On the Nature and Origin of Life* (New York: McGraw-Hill, 1971), str. 93-95; Paul de Vries, "Naturalism in the Natural Sciences: A Christian Perspective," *Christian Scholars Review* **15**, č.4: 388-96.
73. David Bohm, "Some Remarks on the Notion of Order," v *Toward a Theoretical biology*, ed. C.H. Waddington (Chicago: Aldine, 1969).
74. Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, do angličtiny přeložili D.F. Pears a B.F. McGuinness (London: Routledge a Kegan Paul, 1974; německý originál z roku 1921).
75. Daniel Boorstin, *The Discoveries* (New York: Random House, 1983), str. 86.
76. David Hume, *An Inquiry Concerning Human Understanding* (1748; znovu vydáno v Chicago: Great Books of the Western World, 1952), str. 462, 499.

77. Citováno v I.J. Hester, *Introduction to Archeology* (New York: Holt, Rinehart a Winston, 1976), str. 29.
78. J.F.W. Herschel, *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (London: Longman, Rees, Orme, Brown a Green, 1831), str. 149. Zdůraznění v textu dodáno autory knihy.
79. C. Lyell, *Principles of Geology* (1830; znovu vydáno v New York: D. Appleton, 1887), **1**: 319.
80. C. Sagan, *Contact* (New York: Simon a Schuster, 1985), str. 51.
81. F. Drake a D. Sobel, *Is Anyone Out There? The Scientific Search for Extraterrestrial Intelligence* (New York: Delacorte, 1992); T.R. McDonough, "Project Sentinel to Grow," *The Planetary Report* **4** (leden/únor 1984): 3; P. Horowitz, "A Status Report on the Planetary Society's SETI Project," *The Planetary Report* **7** (červenec/srpen 1987): 8-10.
82. P. Horowitz, "A Status Report on the Planetary Society's SETI Project," *The Planetary Report* **6** (leden/únor 1986): 17.
83. Dava Sobel, "Is Anyone Out There?" *Life*, září 1992, str. 60-69.
84. C. Sagan, *Broca's Brain* (New York: Random House, 1979), str. 275.
85. A.D. Kline, "Theories, Facts and Gods: Philosophical Aspects of the Creation-Evolution Controversy," v *Did Devil Make Darwin Do It?* ed. D.B. Wilson (Ames: Iowa State University Press, 1983), str. 37-44.
86. Herschel, *Preliminary Discourse*, str. 149.
87. I. Newton, "General Schohum," v *Mathematical principles of Natural Philosophy* (1687; znovu vydáno v Chicago: Great Books of the Western World, 1952), str. 360.
88. F. Ferre, "Design Argument," v *Dictionary of the History of Ideas* (New York: Charles Scribner's Sons, 1973), **1**: 673.
89. Yockey, "Self-Organization Origin of Life Scenarios," str. 13-31.
90. L. Orgel, *The Origins of Life* (New York: John Wiley and Sons, 1973), str. 189.
91. G.J. Chaitin, "Algorithmic Information Theory," *IBM Journal of Research* **21** (1977): 350.
92. Orgel, *Origins of Life*, str. 189.
93. Tamtéž.
94. H.P. Yockey, "A Calculation of the Probability of Sponaneous biogenesis by Information Theory," *Journal of Theoretical Biology* **67** (1977): 377.
95. H. Quastler, *The Ememrgence of Biological Organization* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1964).
96. F. Hoyle a C. Wickramasinghe, *Evolution from Space* (New York: Simon a Shuster, 1981).