



# **KOSMICKÉ ROZHLEDY**

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1974



# KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 1974

číslo 1

## Panelová diskuse o mezních problémech astronomie (III)

Grygar: Myslím, že bychom mohli přikročit ke 3. tématu, to znamená k obecným otázkám možnosti života ve vesmíru, a tentokrát na úrovni elementárního života, jeho počátku a případného přenosu mezi nebeskými tělesy. Chtěl bych tady připomenout, z čeho asi tak vycházíme, čeho se tady budeme hlavně držet. Na jedné straně je to otázka samotné definice života, která, jak se jistě ukáže vzápětí, je daleko složitější než se zdá na první pohled. Myslím, že neexistuje jednotný pohled, takže bychom se měli pokusit o nějakou pracovní definici. Dále je tu okolnost, že zhruba už před půl stoletím Oparin vyslovil svou základní myšlenku, jak vznikla živá látka nebo organismy zde na Zemi, a to nám ukazuje právě na základě principu obvyklosti, jak asi obecně ve vesmíru bude život na planetách nebo na jiných kosmických tělesech vznikat. Oparinova teorie je v současné době celkem ve velmi příznivé situaci, poněvadž na jedné straně probíhají laboratorní pokusy, při kterých se v podstatě mísí látky, které jsou dokázány v meziplanetárním nebo mezihvězdném prostoru, a působením vlivů, které napodobují podmínky v kosmickém prostoru, získáváme organické látky, a za druhé se objevily organické látky, a to zřetelně mimozemského původu, v některých meteoritech. Zdá se - a o to se vedly dlouhé spory - že zastánci organických látek v meteoritech mají nyní značnou převahu a zřejmě mají pravdu. Konečně zde jsou objevy radiové astronomie, která v posledních letech dokázala existenci několika desítek molekul, včetně organických, ve vesmírném prostoru. Podrobnosti obsahuje například článek v časopise Vesmír od docenta Papouška a jeho kolegů, který je zajisté dobrým zdrojem informací. Konečně speciálně nás tato otázka zajímá také s ohledem na pokrok kosmonautiky, jak už o tom hovořil Dr.Dvořák. Je to otázka kontaminace jiných těles pozemskými mikroorganismy a tím znesnadnění problému řešení otázky, zda mimo naši Zemi ve sluneční soustavě existují aspoň zárodky života. Zejména jde o výzkumy planety Marsu. Konečně pak bych byl osobně rád, kdybyste se pokusili zaujmout nějaké kritické stanovisko k modernějším variantám známé teorie o panspermii, která v původní podobě - to znamená, že k přenosu zárodků života dochází působením tlaku záření - sice neplatí (protože ten mechanismus nefunguje), ale není vyloučeno, že existují jiné možnosti přenosu zárodků a jde o to, zda je naděje, že zárodky přežijí nehostinné a nepříznivé poměry v mezihvězdném nebo v meziplanetárním prostoru. Takto zmmodernizovaná panspermie by mohla eventuálně vysvětlit, proč vznikl život na naší Zemi. Konečně bych se rád ještě vrátil k otázkám statistickým, protože mne velice zaujala poznámka Dr.Dvořáka dnes dopoledne. Dr.Dvořák říkal, že se mu zdá, nebo že biologové soudí, že život na Zemi není jenom ten náhodný proces,



jako by to byla nějaká hra v kostky, ale že život se vyvíjí proto, že jsou tady ještě nějaké jiné, patrně složitější zákonitosti, které k nám vedou z důvodů, které nám snad nejsou známy.

Liebl: Je to jistě problém definovat život. Definice má vystihnout obecné zákonitosti a má mít obecnou platnost. Tak v první řadě je nutné, aby živý systém mohl reprodukovat sám sebe. A k tomu je podle současných poznatků zapotřebí nukleových kyselin a bílkovin a tyto nám zaručují, v první řadě tedy nukleové kyseliny, autoreprodukcí. Těmi je dán molekulární princip autoreprodukce. A potom je to schopnost účelně využívat energii, a dále z biologického hlediska je to schopnost dráždivosti. To se někdy dá těžko vysvětlit, nebo si pod tím představujeme mnoho věcí. Živá hmota prostě je dráždivá. Reaguje na podněty z vnějšku pohybem a podobně, ale to prosím už není tak významné. Nejdůležitější je právě schopnost organismů se autoreprodukovat a vyvíjet. Také organismy musí účelně hospodařit s energií a využívat jí. Tak to je asi hlavní definice života a jistě dost neúplná.

Grygar: Tak další?

Ulrych: Já nejsem biolog a mluvím tedy jako diletant v této věci. Chtěl bych jenom upozornit, že před dvěma nebo třemi lety vyšla u nás zajímavá filosofická práce od francouzského filosofa Teillarda de Chardina, kde se cituje podobná myšlenka jakou tady uvedl Dr. Dvořák dopoledne, a sice, že kromě těch fyzikálních zákonů, které platí pro pohyb mikročástic a které jsou víceméně povahy statistické, existuje ještě nějaký jiný princip, který Chardin nazývá "princip komplexifikace", který způsobuje, že se vytvářejí stále složitější molekuly a vede to ke tvoření stále složitějších živých systémů, pak živých organismů, pak k vývoji mozku a tak dále. Tento princip je hnací silou života ve vesmíru.

Grygar: Další připomínky? Tak já bych tu debatu posunul trošičku dál. Prosím vás, dost často se diskutuje otázka, zda musí život být nutně vázán na uhlík, zda tedy organické látky jsou vždy na bázi uhlíku, či zda si můžeme myslet, že by organický život vznikl na bázi křemíku nebo třeba germania. Jaký je názor odborníků?

Vítek: Já se osobně domnívám, že organické látky (tak označme takové látky, které mohou být chemickou podstatou nějakého života, to jest systému, který se sám může reprodukovat a může hospodárně zpracovávat energii, jak bylo tady řečeno před chvílí), nemohou existovat na jiné bázi než na bázi uhlikatých řetězců. Důvod je prostý: tak složitá funkce jako je autoreprodukce vyžaduje úměrně tomu složitě molekuly, které mají značné rozměry. My sice máme v přírodě příklady velkých makromolekul, které jsou svou velikostí srovnatelné de jure tomu s molekulami nukleových kyselin nebo bílkovin a podobně, a přece patří do anorganické říše v plném slova smyslu. Mám konkrétně na mysli silikáty a křemen, což jsou v podstatě obrovské makromolekuly vytvořené z řetězců křemíku střídajícího se pravidelně s kyslíkem. Ovšem markantní rozdíl proti uhlikatým sloučeninám je ten, že k přeměně jedné molekuly v druhou je třeba vynaložit velkou aktivační energii. To znamená: abychom zahájili chemickou reakci, kterou bychom vyrobili další molekulu, analogickou té první, podle které se replikuje, potřebovali bychom zkoncentrovat na jedno místo obrovské množství energie. Za podmínky analogických našim to není dost dobře možné. Vidím, že jsem tady použil výrazu "analogické našim". Ovšem kdybychom chtěli využít nějaké momentální koncentrace energie, která by nám umožnila pře-



měnu těch dejme tomu silikátových řetězců nebo syntézu těch silikátových řetězců, okamžitě se opět dostáváme do situace, kdy silikátové řetězce budou velice nestabilní. Takže si dost dobře nedovedu představit z chemického hlediska takový termodynamický systém, který by umožňoval tak dokonale vyváženou rovnováhu mezi makromolekulami a nějakými menšími molekulami, z kterých se tyto makromolekuly budují, než jsou organické látky na bázi uhlíku. Takový je pohled chemika. Existují i křemíková analoga jednoduchých uhlovodíků, která byla připravena v laboratoři: silany. Ovšem tyto látky, kde je vázán křemík na křemík, jsou vysoce nestabilní. Nelze nalézt nějaké prostředí, o kterém by bylo možno předpokládat, že by někde mohlo existovat, a ve kterém by byly stabilní. Například silany se sebemenší stopou vody rozkládají. Zase by nám tady chyběly další stavební prvky do té stavebnice "křemíkového života", kdybychom v ní jenom vyměnovali ten křemík. Jak bychom tam teď dostali kyslík? Z čeho? Voda, ta nám ty silany rozbourá úplně. Jinak kyslíkaté sloučeniny, kysličník uhlíčitý, nám to rozbourá taky.

Grygar: Takže to vypadá na to, že prostě při organické syntéze ve vesmíru vládne uhlík.

Vitek: Dusík zrovna tak. A tak dále. My potřebujeme nějakou komplikovanou molekulu, která by nám mohla nějaké složité procesy modelovat. Těžko bychom vystačili s nějakým lineárním polymerem, který by se skládal z naprosto identických skupin, v tomto případě tedy skupin  $\text{SiH}_2$ , které by se nám pořád opakovaly do nekonečna. Nedokážu si prostě představit, že by se taková molekula dokázala sama reprodukovat. Důležité v organických polymerech je právě jejich primární struktura, to znamená sestavení těch různých, velice různých atomů v základní stavební jednotky, které potom vytvářejí struktury vyšších řádů s určitou periodicitou. A na základě toho, že tady máte určitou primární strukturu dejme tomu v nukleových kyselinách, se vám tam střídají v určitém pořadí určité stavební prvky a vždy dva a dva k sobě tvoří komplementární pár. Jedna si žádá mít proti sobě tu druhou. A ta druhá je ovšem jiná než ta první. Ale je s ní vždycky spřažena. A právě v tom tkví ta - velice zjednodušeně řečeno - zásada reprodukce. Ovšem naproti tomu, když byste měli na prostě holou identickou molekulu, tak ta vám sama další nereprodukuje. Ty vztahy, které vytvářejí nutnost té reprodukce, jsou právě způsobeny do jisté míry komplikovaností toho systému. Já tedy nejsem odborník na nukleové kyseliny ...

Bičák: Já jsem přesně nepochopil, co se rozumí tou reprodukcí nebo jakým způsobem ta reprodukce opravdu probíhá? Řekněme, že teď budeme mít nějakou tu komplikovanou molekulu a že se bude skládat ze dvou stavebních prvků. Je k reprodukci potřeba zásahu vnějšího světa?

Liebl: Já bych řekl k tomu, že ta reprodukce, jak již zde bylo řečeno, v podstatě závisí na nukleových kyselinách. Tato reprodukce je v organismech složitá, probíhá za pomoci enzymů jako katalyzátorů, ale provádějí se pokusy modelovat tuto reprodukci laboratorně, to jest na jednodušších systémech v modelových pokusech dokonce někdy i bez enzymů. Vyrobit tedy syntetické to jest umělé nukleové kyseliny nebo lépe řečeno polynukleotidy, u nichž se ta reprodukce - vhodněji řečeno replikace - projevuje. Zřejmě nejvíc v tomto zatím bylo uděláno Američany ve skupině prof. Orgela v San Diegu v Kalifornii, kde připravili poměrně jednoduchý syntetický polymer tedy polynukleotid tzv. polyuridylovou kyselinu jako matici, která za pomoci určitého kondenzačního činidla si zvolna



během několika hodin vytvářela svoji negativní kopii. Ta byla zrcadlovou kopií polyuridylové kyseliny, to znamená s přidáním monomeru, to jest adenylové kyseliny vznikala polymerací polyadenylová kyselina. Vtip je v tom, že k uracilu se neváže uracil nebo jiná neodpovídající báze, ale pouze a jen adenin a tedy adenylová kyselina, jejíž složkou je adenin. To je dáno přísně specifickými molekulárními interakcemi mezi odpovídajícími si bázemi.

Bičák: Co to znamená "neenzymaticky", prosím vás?

Liebl: Neenzymaticky - enzymy, to jsou bílkovinné katalyzátory, které řídí skoro všechny chemické reakce v organismu. Enzymů jsou tisíce různých druhů. A také tzv. polymerázy provádí polymerace nukleových kyselin z monomerů, tedy dříve již zmíněnou replikaci nukleových kyselin v organismu. To zatím dost dobře známe u bakterií a virů, protože to jsou v jistém smyslu jednodušší živé systémy. Ale takový enzym už je velice složitá bílkovina, často vysoce specifická, vytvořená přesnou molekulární funkcí genů, tedy v podstatě genových nukleových kyselin. A když tady příslušný enzym je, třeba i z organismu vyizolovaný a vyčištěný, tak už to dovede, tu příslušnou biochemickou reakci často udělat jak říkáme ve zkumavce to jest "in vitro", a to jsou-li potřebné podmínky a sloučeniny případně včetně energie k syntéze k dispozici.

Neenzymaticky, tedy bez pomoci příslušného enzymu jako biokatalyzátoru, to také někdy jde, zvláště jsou-li přítomny vhodné výchozí sloučeniny, dostatek energie a nebo dokonce v případě polymerace vhodná molekulární matrice. Navzájem se k sobě řadí příslušné složky, tedy monomery nukleových kyselin, zvláště když je k dispozici uvedená molekulární matrice a na té matici už se potom přesně uspořádávají v daném pořadí příslušné monomery. Není to pak jen náhodná statistická polymerace, je to maticí řízená polymerace, čímž se vytváří přesné pořadí stavebních složek biologických makromolekul. Čili v našem případě se vytváří přesná, i když vlastně negativní kopie té jisté molekuly nukleové kyseliny. Nukleové kyseliny jsou chemicky jednodušší v porovnání s bílkovinami. Skládají se v podstatě ze čtyř nebo pěti chemicky poměrně složitých monomerů a to těchto kyselin: adenylové, guanylové, cytidylové a uridylové a případně jí blízké kyseliny thymidylové. A v nich jsou tzv. báze adenin (A), guanin (G), cytosin (C), uracil (U), případně metyluracil, tzv. thymin (T). A spolu se specificky vážou pouze tyto báze: A - U, nebo A - T a C - G nebo naopak U - A atd. To je dáno přesnými fyzikálně-chemickými interakcemi mezi těmito bázemi, mezi kterými se vytváří vysoce specifické vodíkové můstky. Přesně na sebe padnou pak jen určité báze vyhovující těmto interakcím. A tak např. nejdou k sobě třeba adenin a cytosin, cytosin a cytosin atd., ale vážou se spolu dle výše řečeného pravidla například adenin a uracil, cytosin a guanin, prostě vždy jen purinová (to jest A, G) a pyrimidinová (U, T, C) báze. Tím se tvoří přesná kopie, tedy nukleová kyselina, což jsou tenká vlákna molekulárních rozměrů viditelná např. jen nejlepšími elektronovými mikroskopy třeba jen jako zprůhybný vlas, žádné větší detaily nejsou vidět. Takový sestavený model makromolekuly dezoxyribonukleové kyseliny vypadá zhruba jako šroubovitě stočený žebřík, je to tzv. dvojšroubovice a mezi tím jsou příčky, to jsou ty báze specificky spolu vázané. A k sobě jdou vždycky jen ty různé, to jest komplementární a nikoliv stejné nebo nevyhovující báze, jak jsem už dříve řekl. To je prostě fyzikálně-chemicky dáno těmi specifickými interakcemi a tedy vlastně v důsledku těch energií interakcí a přesné molekulární



geometrie té každé báze. Proto jdou k sobě vždy jen purinová a pyrimidinová báze, nikoliv purinová k purinové a pyrimidinová k pyrimidinové. V tom je základní princip replikace nukleových kyseliny, molekulární paměti a genetického kódu, tedy v širším smyslu přenosu celé dědičné velmi složité informace. Takto na genetických maticích (což jsou rovněž nukleové kyseliny) vzniklé informační nukleové kyseliny jako genetičtí poslové přesně dále molekulárně řídí a určují strukturu při syntéze bílkovin včetně enzymů a tím řídí většinu dalších molekulárně-biologických pochodů v organismu. To jsou základy novodobého oboru, tzv. molekulární biologie. A přesná kopie, lépe řečeno replika té nové "dceřinné" nukleové kyseliny - to nově utvořené vlákno na vláknité matici mateřské nukleové kyseliny je jakýmsi zrcadlovým obrazem, je jak říkáme komplementární. A není tedy pozitivní kopií mateřského vlákna, je jakousi přesnou negativní kopií mateřské molekuly nukleové kyseliny, tou zrcadlovou strukturou.

<pre>   -A::U-     -C::G-     -G::C-     -U::A-     -G::C-     -G::C-   </pre>	<p>Model malého úseku makromolekuly nukleové kyseliny.</p> <p>Dvojšroubovice (pro jednoduchost znázorněná zde pouze jako nestočené dvojitě vlákno) mající uvnitř dané pořadí komplementárních bazí, které jsou vzájemně vázány systémem specifických vodíkových vazeb (vodíkových můstků).</p>
--	--

Vítek: Zrcadlovou ve smyslu chemickém. Nikoliv tedy ve smyslu fyzikálního zrcadlení.

Liebl: Jistě.

Vítek: Ve smyslu chemického zrcadlení: vždycky k jedné bázi existuje druhá komplementární. Třeba máte A-T-A-T, tak tam to bude T-A-T-A. Aby A a T přišlo proti sobě.

Liebl: Ano.

Vítek: A kdybychom měli tady A-A-A-A, tak tady bude T-T-T-T. Pakliže je tady dostatečná koncentrace základních stavebních složek. A zase tepelným pohybem...

Liebl: A dostatek volné chemické energie, aby se mohly spojit. Prostě ten enzym dělá v podstatě to, že to přiblížení příslušných stavebních molekulárních jednotek napomůže vzájemné vazbě mezi nimi, tedy postupnému vytváření té makromolekuly. Často jako by pomáhal "číst" nebo "přepisovat" molekulární matici nukleové kyseliny, na níž se vytváří nová nukleová kyselina.

Vítek: Funguje v podstatě jako katalyzátor.

Liebl: To dělá ten enzym, který je specifickou katalytickou bílkovinou, vytvořenou v organismu na základě genetické informace "zapsané" v genových nukleových kyselinách.

Horák: Jenom se zeptám: Nesouvisí to taky se spiny, s opačnými spiny? Mohou se spojit jen soubory, které se nějak liší, jako třeba dva atomy vodíku tvoří molekulu, mají-li opačné spiny, něco podobného tu není?

Liebl: Jak to je přesně, to nevím, bohužel. Ale je to v podstatě kvantově-chemická záležitost ty vazby A-T nebo A-U a G-C. Ty dávají tu úžasnou specifičnost.



Horák: Dva atomy vodíku se mohou vázat, když mají opačné spiny.

Liebl: Ano. U vodíku ano.

Horák: Tady je jistě něco podobného.

Liebl: Vodíková vazba se vytváří s fluorem, dusíkem a kyslíkem. V podstatě s těmito výše jmenovanými specifickými interakcemi mezi bázemi to asi trochu souvisí. Vodík s vodíkem - to se snad nepokládá za vodíkovou vazbu.

Horák: Ano. Ale molekula vodíku se vytváří jako homopolární vazba mezi dvěma atomy s opačnými spiny elektronů.

Vítek: Ano. Elektrony mají opačné spiny, aby se vytvořila vazba. To je v pořádku. Leč tady jsme mluvili už navíc na vyšší úrovni. Tady šlo o vzájemnou interakci dvou molekul. Nikoli dvou atomů. Projevuje se sice jako určitá interakce dvou atomů, ale atomů příslušejících do dvou různých sloučenin.

Horák: Aby se vázaly dvě molekuly, nesmí být stejné.

Vítek: Nesmí být stejné, ale v podstatě se liší v tom, jak mají rozmístěné proton-donorové a proton-akceptorové skupiny. Tedy skupiny, které jsou schopny - ty proton-akceptorové - které jsou schopny interagovat s proton-donorovou skupinou, to znamená se skupinou, která poskytuje v té druhé molekule tak, že mezi tímto vodíkem a touto skupinou vznikne určitý druh chemické vazby, který však na rozdíl od normální chemické vazby má mnohem nižší disociační energii. Této vazbě se říká vodíkový most nebo vodíková vazba. A nyní: důležité je to, že tyto dvě komplementární báze mají rozmístěny ty proton-donorové a proton-akceptorové skupiny takovým způsobem, že můžete z čistě prostorových důvodů je na sebe posadit tak, že proton-akceptorová jedné padne na tu proton-donorovou druhé a naopak.

Liebl: Chtěl jsem ještě říci, že vodíkové můstky mohou vznikat i mezi stejnými látkami, například ve vodě vzniká vodíkový můstek a je vlastně základem toho, že voda je vůbec kapalná za poměrně vysoké teploty mezi 0 - 100°C. Bez vodíkových můstků by byla plyn.

Vítek: Ano, ale nejde o tak komplikované molekuly. Voda, která je velice jednoduchá, ta tvoří vodíkové mosty velice snadno, libovolně vytváří šestičlenné kruhy a dlouhé řetězce a tak dále, jak si prostě namane. Protože je malá, nic tam nevadí. Všude se na všechno může. Ale u velké molekuly hraje právě její vlastní geometrie velkou roli. To se dá počítat, když máte nějaký obrovský počítač. Clementi se o to pokoušel, počítat modely vodíkových vazeb, a došel k určitým závěrům.

Liebl: U nás se dělá něco podobného, tak např. dr. Drobník z ústavu makromolekulární chemie se velmi zajímá o ty interakce mezi nukleotidy. A existují tabulky vazebných energií, tyto vážou příslušné molekuly k sobě. Kde jsou ty vazebné energie těch vodíkových můstků největší, tak tam ta vazba bude pevnější a uskutečňuje se přednostně.

Horák: To počítá Schrödingerovou rovnicí.

Liebl: Asi ano.

Horák: To jsou tedy výměnné síly.

Vítek: Ano. Naprosto stejné. V podstatě to samé. Vyjde se ze vhodných atomových vlnových funkcí a ty se kombinují.



Horák: Tak to už je daleko od astronomie, ne?

Grygar: No, musíme se, prosím vás, trošičku držet toho základního tématu. Jinak bychom skončili tak, že bychom si navzájem vysvětlovali základy svých specializací.

Vítek: Mohl bych se vrátit ještě jedním argumentem k tomu svému uhlikatému krédu? Sám rozvoj mikrovlnné astronomie ukazuje v poslední době na to, že jednak uhlík je v kosmickém měřítku prvek nikoli zanedbatelné koncentrace. A dále, že většina všech molekul, které byly zatím objeveny ve vesmíru, má ve své molekule taky uhlík.

Liebl: Ještě k tomu uhlíku. Pro ty transformace energie je zapotřebí pochodu oxidace-redukce. Jistě ty fosforečné sloučeniny, jako adenosintrifosforečná kyselina, tedy zkrácené ATP, které tuto energii akumulují, ji vlastně nevyrábějí. Ale vyrábějí ji oxidačně-redukční procesy mezi uhlikatými sloučeninami a kyslíkem, případně vodíkem, dusíkem a podobně. ATP vzniká též přímo při fotosyntéze. A oxidační produkt uhlíku je plynný, tedy snadno mobilní a využitelný při fotosyntéze, dýchání atd. Naproti tomu oxidační produkt křemíku je krystalická látka. Kysličník křemičitý. Tak říkám - při té oxidaci a redukci byl uhlík nutný. Takže myslím, že to je další důvod, proč uhlík je základem živé hmoty.

Grygar: Tak kdybyste dovolili, já bych tady měl další pokračování v naší diskusi. Pamatuji si, že před několika lety, když se soudilo spíše, že život vzniká jako náhodný proces, že tedy ve světových oceánech se hrálo v kostky a tu a tam se vytvořila nějaká ta organická látka, tu se přišlo k závěru, že ta doba k vytvoření složitého organického života na Zemi je příliš krátká, než aby potřebné kombinace mohly nastat. Na druhé straně v poslední době myslím nastal obrát, který do značné míry způsobila radiová astronomie tím, že byly objeveny organické molekuly v mezihvězdném prostoru a skoro se zdá - právě proto, že to potvrzují i laboratorní pokusy - že to není tak náhodný proces, že prostě zákonitě při fyzikálních podmínkách ve vesmíru vznikají organické látky, jež právě mohou být stavebními kameny pro rozvoj živé hmoty. A v tu chvíli mi připadá nutné vrátit se k tomu, co jsem tady říkal o panspermii, totiž že je to tedy tak, že život nevzniká na planetách, ale ve vesmírném prostoru, v naprosto elementární formě, a pak ve vhodném okamžiku je dopraven na planetu, kde se mu dopřejí podmínky k tomu, aby se tam dále rozvinul.

Pacner: Totiž to jsme říkali tak, že možná, že ta špižirna existuje kdesi v obrovských vzdálenostech od nás, a potom ta kuchyně, kde se to vaří, je buď Jupiter anebo možná ještě ten mezihvězdný prostor, a ta jídelna, kde se obědvá, to je Země nebo něco podobného.

Grygar: Měli byste k tomu někdo nějaký ten názor? Kdo si myslíte, že tohle je mechanismus, který by to mohl vysvětlit?

Vítek: V poslední době se objevila řada prací, zabývajících se průkazem mimozemských aminokyselin v uhlikatých chondritech. V jedné z posledních prací Harada dělal takovou velice přibližnou rozvahu o množství biologicky významného materiálu, který by za dobu od vzniku pevné kůry Země do pravěpodobného života, což je řádově  $10^9$  let, mohly na Zemi dopravit meteority za předpokladu, že jejich tok byl zhruba stejný jako je nyní. A vycházela mu při průměrných koncentracích řádově desítek mikrogramů organických látek na jeden gram hmoty meteoritu řádově množství  $10^7$ - $10^{12}$  tun,



což jsou čísla dostatečně velká pro to, aby mohla inicializovat nějakou reakci tady na Zemi.

Grygar: Takže snad by se tedy zdálo, že tato na první pohled dost jako fantastická záležitost má nějaké opodstatnění. Prosím.

Pacner: Ještě bych doplnil to, že když Fesenkov začal hovořit o tom, že tunguzský meteorit je kometa, Juan Oro, španělský biochemik žijící v Houstonu, přišel s hypotézou, že není vyloučeno, že těch komet za určitou dobu na zeměkouli dopadlo dosti značné množství. A že nositeli života, respektive těch organických látek, že mohly být také komety.

Budil: Podle profesora Ureyho se však s námi střetlo maximálně 100 komet za celý vývoj zeměkoule.

Grygar: Tak to už nějak souvisí se samotným Oparinem. Oparin nepředpokládal panspermii, neboť soudí, že vše vzniklo tady na Zemi.

Wítek: Je jen otázka, kde to začalo. Nakonec ta chemie, která za tím byla skryta, by byla v podstatě tatáž. To znamená prebiotická syntéza probíhala přes syntézu aminokyselin, přes syntézu purinových a pyrimidinových bází, k bílkovinám a nukleovým kyselinám. Je nakonec jedno, jestli k tomu dojde až tady na Zemi nebo jestli se to uvaří tam nahoře. Od počátku 50. let se tyto chemické pochody modelovaly v laboratoři za přítomnosti vody. Ale v roce 1971 Wollin a Ericson právě na základě skutečnosti, že v kosmickém prostoru není dostatečná koncentrace vody, vzali výchozí směs, která v sobě měla pouze ty složky, které ve vesmíru byly prokazatelně dokázány. Byl tam formaldehyd, kyselina mravenčí a amoniak, případně methanol. A ve všech případech vlivem ultrafialového záření se podařilo syntetizovat cosi, co pravděpodobně primárně byl nějaký polypeptid, který hydrolyzou potom zpětně dal aminokyseliny. My totiž nevíme, v jaké formě de facto jsou aminokyseliny v uhlíkatých chondritech obsaženy. Pokud jsem četl ty práce, tak většínou byly analyzovány vodní kyselé extrakty meteoritů. Přitom se pochopitelně odbourají případné polypeptidy na základní aminokyseliny. Mám však dojem, že někdo taky zkoumal neutrální extrakt a že isoloval polypeptid.

Grygar: Teď ještě s těmi organickými molekulami v mezihvězdném prostoru. Je tu okolnost z našeho hlediska dost důležitá. Je známo z výpočtů, že molekuly, které tam existují, jsou dosti nestabilní, prostě poločasy rozpadu jsou mezi měsíci až nanejvýš stovkami let. To znamená, že ty molekuly se tam musí neustále obnovovat. A jde o to, jak?

Wítek: Dynamická rovnováha.

Ulrych: Já pokud jsem slyšel a četl tyto teorie o vzniku života, tak většinou se všechny omezují na to, že pojednávají o vzniku organických sloučenin a nikoliv o vzniku života v pravém slova smyslu. Protože organická látka není živá látka. Mezi tím je rozdíl, to je třeba si uvědomit.

Wítek: Pochopitelně je do jisté míry pravda, co říkáte. Přinejmenším v tom, že my také rozebíráme první krok, ten nutný, nikoliv postačující první krok. Protože bez těch organických perkurzorů ten život neuděláte z ničeho. Ale dnes už například byly uměle připraveny nukleové kyseliny, respektive nějaké polynukleotidy, které jsou schopny replikace.

Liebl: Podle rozdělení, které udělal už před několika lety profe-



sor Calvin, americký chemik, který nakreslil vývojovou tabulku od jednoduššího ke složitějšímu: Nejdřív to byl chemický vývoj a teprve když se nasytetizovaly ty základní organické sloučeniny, to znamená aminokyseliny, složky nukleových kyselin, cukr a podobně, tak se z nich potom začaly skládat další struktury o velkých molekulách. Vývoj chemický přecházel na vývoj biologický již geneticky řízený a současný vývoj společnosti klasifikuje jako psychosociální vývoj. Ovšem slovo panspermie, pokud vím, je definováno tak, že přecházejí z jedné planety na druhou nebo z jednoho tělesa na druhé už živé struktury - organismy nebo jejich jakési spory nebo prostě zárodky života - kosmozoa. Ten život zde může být jaksi skrytý, zamrzlý - latentní. Přímou kudy přecházely jen neživé chemické sloučeniny, tak to by ještě nebyla panspermie. Ačkoliv v širším slova smyslu by to mohla být, ale nikoliv v tom původním slova smyslu. Název panspermie (česky můžeme říci "všeobecné rozšíření zárodků") pochází od řeckého filozofa Anaxagora, a pak kromě jiných to od něho převzal Arrhenius a rozpracoval panspermii a tzv. radiopanspermii do detailů, kdy fyzikálně-chemický tlak slunečních paprsků žene kosmický prach se zárodky vesmírným prostorem. Též se uvažovalo o možnosti přenášení zárodků pomocí meteoritů, nebo dokonce tzv. řízená panspermie jinými civilizacemi. Ještě bych chtěl dodat k tomu, co říká Dr. Vítek, jestli jste myslel, že už by vznikaly mimo naši Zemi nějaké živé struktury a nebe jenom ty stavební kameny, až třeba do těch nukleových kyselin a bílkovin a ty pak přicházely na Zemi. Spíše bychom mohli souhlasit, že na Zemi mohly přicházet z vesmíru již jednoduché organické sloučeniny. Energií k syntéze mohou poskytnout při zahřátí i při dopadu padající meteority. Padající meteority mají taky značnou energii. Když dopadnou, tak při tom rázu se uvolňuje množství energie, která může napomáhat syntéze při chemickém vývoji.

Andrle: Já jsem totiž chtěl říci jednu hypotézu a byl bych rád, kdyby mně tady kolegové od biologie řekli, v čem je to nemožné. Totiž já jsem četl u profesora Šklovského v knize Vesmír, život, rozum, že na existenci života má vliv celý vesmír a jeho zákonitosti. Říká tam, že je to třeba Hubbleův zákon a podobně. A mne teďka tak napadlo: když se říká, že ve vesmíru se dneska někde buduje, volíme nepříznivé podmínky, protože dnes ve vesmíru je už malá průměrná hustota, nebo jinak že je prostě normálně ve vesmírném prostoru o hmotu bída. Kdyby se uvažovala stará etapa vývoje vesmíru, byly tehdy hustoty daleko větší a bylo proto i jistě víc příležitosti, aby tam mohly vznikat složitější látky nebo něco podobného.

Bičák: Mohly být bohužel taky větší teploty, že ano?

Vítek: To je další věc. Bohužel mezihvězdné molekuly mají velmi krátký poločas rozpadu, řádově  $10^6$  let, takže se musí neustále obnovovat.

Andrle: Já uvažuji už nějakou tu panspermii nebo takového něco, jestli by se její vznik nemohl posunout ještě do vzdálenější minulosti.

Pacner: Chtěl bych připomenout jednu Grygarovu teorii, o které jsme spolu diskutovali. Ty jsi říkal, že ty organické látky vznikají v oblastech, kde jsou mezihvězdná mračna a že možná tam současně taky vznikají planetární systémy. Je otázka, jestli planetární systémy hned při svém vzniku nedostávají do vlnku organické látky a tam, kde se vytvoří další vhodné podmínky, pak vznikne život.



Liebl: To myslím vznikat mohou. Ale je to velice závislé na teplotě. Ani aminokyseliny nevydrží víc než několik set stupňů.

Vítek: 180°C a už se štípe.

Liebl: Ano, jsou různé odolné aminokyseliny, vždyť je jich mnoho. Jen v bílkovinách kolem 20 různých typů aminokyselin.

Grygar: Tam, kde je v mračnech mezihvězdná hmota a kde se prokázaly organické látky, nepochybně vznikají hvězdy, které jsou určitě mladší než milion roků. A tak si přece jenom myslím, že proti pesimistickému názoru jsou též nějaké optimistické možnosti. Vypadá to skoro tak, že to není takový kumšt život ve vesmíru udělat, poněvadž rozhodně tady máte zárodky mlhovin, ze kterých vznikají hvězdy. Což se zdá být skoro určitě pravda. Dnes máme dokonce i modely pro tento vývoj a to je příznivé. Zrovna tak, kde vznikají hvězdy, je i velká pravděpodobnost, že vznikají též planetární systémy, a to s dosti slušnou pravděpodobností a celkem spolehlivě. Čili tam je ten problém, jak se dostat z mezihvězdného prostoru na planetu, to mi není zcela jasné, ale nějaké jiné procesy by se daly vymyslet.

Příhoda: A co když přímo při tom procesu toho vzniku se tam dostaly, co říkáte?

Liebl: Jako je to, myslím, na Jupiteru, že tam snad teoreticky by mohl existovat primitivní život v povrchových mračnech.

Andrle: Já jsem totiž ještě chtěl dodat k otázce té panspermie, o které jsem mluvil: ono by to snad nemuselo být hned krátce po big-bangu, pokud tedy vůbec byl. Já jsem si teď vzpomněl na Ambarcumjanovu hypotézu o D-tělesech. Podle ní hvězdy nevznikají z mlhovin koncentrací, ale naopak rozpínáním nějakých protohvězd nebo něčeho podobného a tam že by snad případně mohly být nadbytky různých látek.

Příhoda: Vlastně by to znamenalo přejít do etapy intenzivního vznikání hvězd v Galaxii, kdy tyhle procesy, které dneska pozorujeme v menší míře, tady musely probíhat jaksi v míře větší. Ale podstatou se asi nijak zvlášť nelišily.

Grygar: No, tak diskuse přece jen pokročila, tak, prosím vás, další připomínky, protože tady bychom měli opět postoupit kupředu.

Hajduk: Nevím si vsponenúť na publikáciu, ale tvrdí sa v nej pri chemickom rozbere komét, že to, čo vlastne viaže časti komét k sebe a čo sa v blízkosti Slnka rozpúšťa, je vlastne obyčajná voda a nie ako sa predtým domnievali iné takéto lády. To snad súvisí s možnosťou prenosu života kométami, čo sa tuhá vspomínalo.

Liebl: Já bych chtěl ještě k těm kometám, že možná jen ta jedna kometá nese asi dostatek těch uhlíkatých látek, např. kyan a kromě kyanu a podobně ještě voda a teď ten náraz, ta energie, co při tom vznikne. Když asi dopadne, tak ještě může vzniknout řada sloučenin, které prostě se tam tou energií syntetizují. To by bylo docela možné. A ještě jsem chtěl říci, že asi ten život v poměru k jeho velikosti ve vesmíru je přece jen velice vzácný (smích všech zúčastněných). Známe ho zatím jenom na Zemi, málo platné.

Vítek: Ještě jsme nikde nebyli.

Liebl: No jo.

Bičák: Vždyť to není ale pravda, probůh, vždyť se řítíme kolem Slunce 30 km/s, Slunce se řítí - já nevím - 200 km/s kolem centra



Galaxie a centrum Galaxie se řítí kolik set km/s kolem centra skupiny galaxií ... a tak dále.

Grygar: Takže my jsme vlastně viděli hodně.

Příhoda: Rád bych upozornil na to, že my tady uvažujeme některé jevy z okolí sluneční soustavy nebo ze sluneční soustavy, které známe dnes, kdy je sluneční soustava v poměrně velmi pokročilém stadiu vývoje, kdy vlastně zestárla, stará je i meteorická hmota, kometární hmota a podobně, ale právě kdybychom se přenesli do toho stádia, kdy to všechno vzniká, tak zřejmě ta tělesa měla jiný charakter. Asi také jiné chemické složení a podobně, a tam bychom se možná setkali s něčím takovým, co by vlastně skutečně tu živou hmotu mohlo přenášet, na rozdíl od dnešních meteoritů, kde dneska pozorujeme některé zvláštnosti v tomto ohledu jen na těch uhlíkatých chondritech.

Vítek: K těm meteoritům - nesouvisí to vůbec s živou hmotou, ale je to zajímavá věc, kterou bych chtěl říci. První z hodnocení výsledeků z měření na Pioneeru 10 za první polovinu průletu pásmem planetek ukázalo, že nanometeority, tedy podmikrové částice, nevykazují vůbec žádný vzestup četnosti v pásmu planetek proti četnosti mezi Zemí a Marsem a že pouze v oblouku asi minut byl pozorován vzrůst četnosti částic nad 1/2 milimetru a to v době, která odpovídala zhruba průletu oblastí prvního maxima velkých ze Země pozorovaných planetek.

Pacner: Četl jsem o tom, že Saganovi se podařilo imitovat vznik nějakých organických látek nikoliv působením rentgenových paprsků, ale působením rázových vln. Chtěl bych se zeptat, jestli řekněme nějaké gravitační vlnění by nemohlo nějakým způsobem působit, prostě jestli existují gravitační jevy takového charakteru, které by mohly působit na ty organické látky.

Bičák: No, já velice pochybuji, protože energie nesená gravitačními vlnami je velice malá v případě většiny myslitelných zdrojů. Ostatně, zda se opravdu podařilo detekovat gravitační záření, to se ještě neví, takže já bych k tomu byl dosti skeptický.

Liebl: Já bych se rád zeptal, dopoledne se to tady objevilo, že život může existovat v jiných prostředích než ve vodě, například v kapalném amoniaku nebo v jiných prostředích - že byste se k tomu vyjádřili, máte-li k tomu někdo něco.

Grygar: To je zatím jenom jeden pokus, o kterém jsme tady oba mluvili.

Liebl: Ano, ano. Jenom takový doplněk: když vezmeme ty časové úseky, které my známe, tak Země je tedy stará kolem 5 1/2 miliardy let, že?

Grygar: Míň!

Liebl: Ještě míň?

Hajduk: Medzi 4 1/2 až 5 miliard snad.

Liebl: Tak ty první nejstarší prekambričké zkmenešliny jsou nalezeny v jihoafrických sedimentech. Americkými paleontology byly nalezeny ty nejstarší zkmenešliny, mikrofosilie podobné bunkám, vláknům, hrozníčkovité útvary a pod. a jsou údajně staré přes 3 1/2 miliardy let, asi 3,7 miliard let. Čili těmito nálezy, ten ještě asi před 10 lety předpokládaný vznik života před asi 1 1/2 miliardou let nutně musí se posouvat na toto, případně za toto období. To znamená do doby asi až ke 4 miliardám let. Protože to, co už se na-



chází, to jsou už pravděpodobně jakési buňky. Nebo prostě zvláštní útvary - jsou to už mikrofosilie, což také mnoho neřekne, ale už to jsou tady v té době organizované útvary a zřejmě byly tenkrát živé.

Hajduk: Aká je citácia, že skáčem do toho?

Liebl: U nás v ČSSR na tom pracuje docentka Pacltová, ovšem tady v ČSSR ty přístupné prekambričké vrstvy máme mnohem mladší. Já nevím přesně, myslím ani ne miliardu let a taky se tam nacházejí různé ty fosilní struktury. A o těch strukturách byly už napsány stovky prací a už se sestavují systémy těchto prekambričských organismů. Takže vlastně na vznik života z chemických sloučenin nám zbývá velmi málo, dejme tomu když by Země byla stará jen 4 1/2 miliardy nebo 5 miliard let a dejme tomu život je tam 4 miliardy let, tak by bylo asi 1 miliarda nebo jenom 1/2 miliardy let. V tom období už by vlastně musela vzniknout i ta autoreprodukující se nukleová kyselina, a to je poměrně krátká doba. Ale potom vývoj vlastní buňky včetně změn, mutací a selekci (výběru) genetického kodu a struktur až po složitější buňky probíhal až do začátku kambria. To je do období před asi 600 miliony let. Cili 2 až 3 miliardy let se vyvíjela buňka a genetický kod. Tedy velice dlouhou dobu. A to se pořád rozmnožovala. Prostě obrovské množství jich tady bylo, dokonce Sagan předpokládá, že někdy mohlo být víc než metr jakési předbiologické až prvotně biologické hmoty, asi možná ve formě nějakého prazluzu a podobně. Výška kolem 1 metru na Zemi, když to propočítá z té organické hmoty, která je. No a pak už, jakmile došlo k utváření mnohobuněčných organismů v kambriu a dál, už se ten vývoj strašně zrychloval. Až k člověku. Těž v důsledku vzrůstajícího množství kyslíku v atmosféře, činností řas a podobně. Takže opravdu na vznik těch autoreplikací byla potřeba poměrně krátká doba. Nejvíce na genetický vývoj včetně uslozňování buňky.

Pacner: A příkláníš se tedy následkem toho k názoru, že ty organické látky už s sebou nesla Země nebo jaký máš názor na základe toho, coš řekl?

Liebl: Já z hlediska biochemika a biologa ty organické látky považuji za běžné stavební kameny a nezdá se mi zázrakem, že se kdekoliv objevují. Zázrakem se mi zdá nukleová kyselina. To slovo "zázrak" je míněno v tom smyslu, že je to základní, co je nutné pro život. Ale jestli někde jsou aminokyseliny nebo mravenčí kyselina, různé aldehydy, alkoholy atd, to jaksi z toho hlediska není neobvyklé, to prostě jsou stavební kameny, které se mohou poměrně snadno vytvořit, jsou-li k tomu podmínky. A ten chemický vývoj může různé začínat, už byly napsány stovky prací, že v nevodném prostředí i ve vodném prostředí tyto látky vznikají, a vznikají za různých podmínek. Experimentálně to řešili např. Calvin, Miller, Passynský, Pavlovskaja, Oro, Orgel, Fox a jiní autoři. Je to vlastně polymerace. Tak Fox se spolupracovníky to dělají v nevodném prostředí, např. zahříváním a tavením práškovitých aminokyselin, vytváří se polymery, tzv. proteinoidy a mikrosféry, a Sadron a ta skupina to dělají naopak, aby zase Foxovi ukázali, že není nutné nevodné prostředí k polymeraci a pracují v roztocích. Tato cesta se termodynamicky nebo energeticky zdála méně výhodná. Přesto činí tady polymerace aminokyselin zvláště pomocí kondenzačních činidel zase ve vodném prostředí a dává obdobné polymerní produkty.

Grygar: Teď jsem si vzpomněl na jednu věc, která by možná mohla být dosti závažná. Nedávno byla uveřejněna práce Terryho a Tuckera v Nature, ve které autoři ukazují, že v blízkosti Země musela během 4 1/2 miliard let vzplanout řada supernov. V takové blízkosti,