

35 Kč

FOTOGRAF TONO STANO - UMĚNÍM PRVNÍME BOŽÍ DÍLO

# INTERVIEW

10 / 2017

STO STRAN ROZHOVORŮ PRO LIDI, KTEŘÍ NEZAPOMNĚLI ČÍST

Vědci

**JUDIT A JIŘÍ  
ŠPONEROVI**

Jak vznikla první  
živá molekula  
na této planetě

Herci **DEMI MOORE**  
a **ALEC BALDWIN**

Zpověď  
hollywoodských  
světoběžníků

Manažer

**MEIK WIKING**

Co zjistil  
dánský specialista  
na šťastný život

České  
stopy

**ROGERA  
FEDERERA**

Spisovatelka

**EVA HAUSEROVÁ**

Od radikální  
feministky k ekologické  
zahrádkářce

Kastelán

na Karlštejně

**JAROMÍR KUBŮ**

Třicet let služby  
Otcí vlasti

CENA: 35 Kč / 1,70 €



10

9 172336 606003



# Judit a Jiří Šponerovi

Scénář: Vesmír

Režie: Náhoda

Hlavní role: Život

Jsou na stopě původu života na Zemi. S vášnivostí typickou pro špičkové vědce zjišťují, jak v prehistorických smrštích bičujících zeměkouli vznikaly první zlomky živých molekul. Zajímavě komentují i objev „nedalekých“ planet, na nichž by mohly být podmínky pro život.

**J**ak vnímáte letošní objev planet, jež jsou velikostí a teplotou na povrchu podobné Zemi? Právě na nich by mohly existovat podmínky pro život či pro jeho vznik, ne?

**Jiří:** Pro nás objev těchto planet není senzační, je to standardní promo NASA. Ale samozřejmě i cenný výsledek podporující myšlenku, že bohatství planetárních systémů je téměř nekonečné jako sám vesmír. Vezměte si tu nesmírnou rozmanitost planet, jejich měsíců a dalších těles ve sluneční soustavě.

**Zkoumat, jak vznikl život, bylo dříve nanejvýše kacířské téma.**

**Jaké to je, nahlížet bohu pod pokličku? Je to tak troufalé a vzrušující, jak se nabízí?**

**Judit:** Samozřejmě, je to vzrušující. Tohle téma je jednou ze základních otázek, které si lidstvo pokládá, a já chtěla k odpovědi na ni něčím přispět.

**Jak jste se k tomu dostala?**

**Judit:** Asi před deseti lety mi kolega z Ameriky ukázal zajímavý článek od amerického molekulárního biofyzika a biochemika Stevena Bennera, který pojednával o tehdejšími velkým hitu: Proč je v molekule RNA cukr ribóza? Bennera napadlo, že ribózu si příroda vybrala mezi mnoha ostatními cukry jako základní a dodnes používanou stavební jednotku prvních genetických molekul, protože se velmi dobře váže na minerály obsahující chemický prvek bor. Tyto minerály jsou dnes hojně zastoupeny například v Kalifornii v Údolí smrti. Právě v takovém prostředí se mohla vytvořit jezera, která pak vyschla, a jejich sedimenty stabilizovaly ribózu oproti konkurenčním molekulám. My jsme pak dumali, jaké molekulární vlastnosti umožňují lepší vazbu ribózy na tyto minerály, a po

dvouletém škrábání hlavy a hromadě výpočtů jsme vypotili odpověď. Pak přišly další a další stále zajímavější problémy.

**Dvě teorie o vzniku života, o kterých si budeme povídat, vycházejí z velkého třesku, nebo by se obešly i bez něj?**

**Judit:** Velký třesk určil základní fyzikální vlastnosti celého vesmíru, a tím vlastně i to, jaké atomy a chemické sloučeniny v něm pak budou vznikat. Ve vesmíru jsme obklopeni spoustou dvou- až tříatomových jednoduchých molekul a úkolem vědců je dostat se od těchto nejjednodušších molekul ke stavebním blokům či součástkám biomolekul o deseti až dvaceti atomech. A ty pak spojit do prvních biomolekul – skládajících se ze stovek až tisíců atomů –, které by samovolnými chemickými procesy na nějaké planetě vhodné k životu mohly odstartovat molekulární evoluci. →

**Rád bych ještě v souvislosti se vznikem života zmínil hypotézu panspermie, která tvrdí, že život byl na Zemi přinesen z vesmíru mikroorganismy na spadlém meteoritu. Opravdu se tím už nikdo seriózně nezabývá?**

**Judit:** Americký geolog a geofyzik Joe Kirschvink pořád hlásá, že Mars byl lepší místo pro vznik života, tam život vznikl a pak se dostal na Zem – a tak jsme všichni Martani. Jeho názor se ale považuje za extravagantní. Navíc na Zemi podmínky ke vzniku života byly. Mám na mysli energii ze sopečné aktivity, z UV záření, ze slunečního protonového větru, z dopadu mimozemských těles. Materiálů tady muselo být také dost, ve vzduchu smrděl amoniak, byl tady oxid uhličitý a uhelnatý, metan.

**Jiří:** Panspermie nic neřeší. Tak jako tak musel život někde vzniknout. Teorii o panspermii prosazovali především fyzikové, například v devatenáctém století Hermann von Helmholtz. Jako vystudovaný fyzik chápu jejich logiku – fyzik si myslí, že příroda se vyvíjí podle hlavních fyzikálních zákonů. Ty samozřejmě platí vždy. Jenže biologické systémy si k nim přidávají další zákony. Složitější systémy dávají vzniknout novým zákonům, nové kvalitě. Vlastnosti složitějšího systému neodvodíte z vlastností jeho částí. Chování lidské společnosti neodvodíte z vlastností jednoho člověka, jako vlastnosti těla neodvodíte z vlastností jedné buňky.

**A co Murchisonův meteorit, který dopadl v Austrálii v roce 1969? Našly se v něm organické látky. Jak si to věda vysvětluje?**

**Jiří:** Snadno, tyto molekuly vznikají ve vesmíru běžně.

**Judit:** Když se tvoří vesmírná tělesa – jako třeba asteroidy –, vytvářejí se při srážkách materiálu obrovské rázové vlny a žhavé plazma. Původní molekuly to zničí a rozloží na volné radikály. Ty ale mají velkou chemickou energii a začnou se následně skládat do nových molekul. Jakmi-

le plazma začne chladnout, vznikne velmi kreativní chemie a zcela běžně se syntetizují stavební bloky biologických molekul. Murchisonův meteorit je starší než Země, pochází z doby ustavování sluneční soustavy. Organické molekuly se v něm mohly nasyntetizovat už při jeho vzniku – při divokých vesmírných srážkách.

třeba k takzvaným nukleobázím – adeninu a dalším. To jsou základní součástky molekul genetického kódování, tedy RNA a DNA. Můžete je získat z vulkanické energie, při dopadu meteoritů do formamidu anebo když je formamid exponován slunečnímu větru. Dopadový scénář je plně kompatibilní s obecným

## „Životem miníme jakýkoli chemický systém schopný darwinistické evoluce.“

**Nemohly se organické molekuly do meteoritu dostat až při jeho dopadu na zem?**

**Jiří:** V horní vrstvě meteoritu či jeho okolí se mohly tyto látky dokonce syntetizovat při srážce se Zemí. Ty uvnitř zřejmě vznikly už při jeho formování a zůstaly tam „zamčený“ na věky.

**Americký astronom Douglas Hudgins tvrdí: „Ironií je, že největší koncentrace základních kamenů živé hmoty se vyskytují okolo mrtvých hvězd.“ Je to možné?**

**Jiří:** To je spíše slovní hříčka, ty jednoduché molekuly vznikají, kde se dá, běžnými procesy díky kosmickému záření, srážkám.

**Ale je tu také teorie, že chemické procesy vedoucí ke vzniku života mohly spustit opakované dopady asteroidů.**

**Judit:** V tom je velká výhoda formamidového scénáře...

**Co je to formamid?**

**Judit:** To je jednoduchá organická molekula, která má čtyři základní atomy: uhlík, kyslík, vodík a dusík. A ty jsou potřeba k syntéze nukleových kyselin, tedy RNA a DNA.

**Dobře. Foramidový scénář je jedna ze dvou v současnosti nejvážnějších teorií o vzniku života, že?**

**Judit:** Ano. A z formamidu už známe alespoň tři různé cesty, jak se dostat

formamidovým modelem původu života, ve kterém dáváme důraz na teplotní změny okolního prostředí. Všechny tři cesty byly zjištěny laboratorními experimenty v posledních patnácti letech.

**Jiří:** Dopady asteroidů jsou určitě jednou z možností, jak si předpřipravit jednoduché molekuly pro vznik života.

**A je podstatné, zda ten proces vznikl díky termální energii ze zemské kůry, nebo je výsledkem dopadu asteroidů?**

**Jiří:** To asi nikdy nezjistíme. Materiál meteoritů mohl ale sloužit i jako katalyzátor k syntéze stavebních bloků prvních biomolekul. Určitě to bylo vítané obohacení kuchyně, v níž se život vařil. Jak energií, tak ingrediencemi.

**Ve společné práci s vašimi pražskými kolegy z Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského tvrdíte, že k téhle reakci mohlo dojít během krátké chvíle.**

**Jiří:** K úplně první fázi toho procesu určitě ano. Pak musely následovat tisíce dalších chemických kroků, už za podmínek normální chemie. Impakt asteroidu je přece jen primárně destruktivní čin a neumožní vznik složitých molekul větších než pár desítek atomů. Takže pak ještě následuje další velmi složitý a nesmírně nepravděpodobný sled chemických

reakcí. Na druhé straně, Zemi v principu stačilo, aby se jí tento šílený proces podařilo třeba jen jednou. Jak jednou primitivní život vznikl, už měl šanci se udržet. Život je ve skutečnosti velmi invazivní a vlezlý vytvářením svých kopií, s náhodnými chybami. Soutěž, kdo se kopíruje lépe. Byť zpočátku jen na úrovni molekul. Ty už ale spolu soutěží úplně stejně jako dnešní organismy. Životaschopnější se lépe kopírují, díky náhodným chybám zlepšují své vlastnosti a šíří se dál a dál. Pronikají do nových prostředí a vytvářejí stále složitější svět.

**Takže energie, kterou v dnešním kontextu považujeme za zničující, je v jádru nezbytná ke stavbě základních kamenů života?**

**Judit:** Přesně tak. Vesmír je v průměru studený, a proto musíte v daném místě zkoncentrovat nějakou formu energie. To může být nějaké záření s dostatečnou energií, aby se vyvolaly chemické reakce, jako je UV záření nebo sluneční vítr, což je jako protonové záření. Na každé pořádné mladé planetě pozemského typu máte obrovské zdroje energie uzamčené uvnitř té planety. A dalšími možnostmi dodání energie jsou impakty mimozemských těles.

**Jiří:** Ale to ještě není život. O životě můžeme mluvit až tehdy, když nastartuje evoluce.

**Kdy nastartuje evoluce, v jakém okamžiku?**

**Jiří:** Tehdy, když se chemický systém začne chovat darwinisticky. Kopírovat se, tedy množit se a soutěžit živě vylepšovat.

**Jsou ve vašem výzkumu nějak rozděleny mužské a ženské role?**

**Jiří:** Ne.

**Judit:** U nás je rozdíl v tom, že Jirka má myšlení fyzika a já chemika, ale to není mužská a ženská role. On uvažuje více teoreticky, já danou reakci vidím před sebou. Od mnoha dalších žen jsem ovšem slyšela větu – Víte, můj muž je taky velký teoretik.

**Byla to věda, která vás dala dohromady? Nebo náhoda či jiná okolnost?**

**Judit:** Potkali jsme se v Americe v sousedních pokojích ubytovny jedné místní univerzity.

**Jiří:** Dále šlo o běžné biochemické procesy. Do Ameriky jsme jezdili kvůli počítačům, které v Evropě nebyly. Oba jsme pracovali na něčem jiném, takže to byla náhoda, jak má v evoluci být.

**Dokážete se i na svůj vztah podívat z vědeckého úhlu – a má to své výhody?**

**Judit:** S tímhle chlápkem by žena nevědkyně nevydržela. Takže náš vztah má výhodu: oba jsme vědci. Navíc je práce i naše společné hobby, vášeň, obsese.

**Jiří:** A dokážeme být vůči sobě snad i tolerantnější.

**Pojďme zpět ke dvěma teoriím o vzniku života. Jedna je foramidová a druhá kyanovodíková. Obě pracují s předpokladem, že pro vznik života byla klíčová samovolná syntéza prvních molekul RNA nebo-li ribonukleové kyseliny. Řeší tedy, jak vznikla RNA?**

**Judit:** Ano, právě na tom pracují obě koncepce.

**A shodují se v tom, že RNA je založena na nukleových bázích, cukrech a organickém fosfátu?**

**Judit:** To je její jednoznačné chemické složení.

**Jiří:** Dnešní pohled na vznik života je, že první molekulou, která byla schopna chemického života, byla RNA. Životem míníme jakýkoli chemický systém schopný darwinistické evoluce, tedy reprodukce se sebezdokonalováním. Ten je zcela univerzální. RNA si pak v další fázi rané evoluce chemicky vytvořila DNA na lepší a stabilnější kódování genetické informace a bílkoviny na katalýzu chemických enzymatických reakcí. Sama umí jako jediná oboje. Úžasné je, že chemicky se DNA liší od RNA jen tím, že jí chybí jeden jediný kyslík, a tím ztrácí chemickou reaktivitu RNA. Zjednodušeně by se dalo říct, že DNA je chemicky umrtvená RNA, hodná, stabilní. RNA si mimochodem i v našich moderních buňkách udržuje klíčové kontrolní funkce, část z nich zdědila ze své původní →

**Dr. JUDIT ŠPONEROVÁ (46)**

● Narodila se v Maďarsku. Vystudovala chemii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Loránda Eötvöse v Budapešti a v minulosti působila jako vědecká pracovníce v Maďarské akademii věd a v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR v Praze. V laboratoři svého manžela vede výzkum zaměřený na původ života, její práce se pohybuje na pomezí fyzikální chemie, biochemie a molekulární biologie.

**Bez čeho se neobejde její všední den?**

- › Několikrát týdně hodina amatérského krasobruslení na ledě nebo na in-linech.
- › Poslech vážné hudby nebo – pokud na to večer ještě zbude síla – hra na klavír.
- › Každodenní vaření a pečení podpořené „zdravou vyhláškou“ pro školy.



**Prof. RNDr. JIŘÍ ŠPONER, DrSc. (53)**

● Vystudoval odbornou fyziku na Přírodovědecké fakultě MU v Brně, v minulosti působil jako vědecký pracovník i v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského a Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR v Praze. Věnuje se teoretickým studiím struktury, dynamiky a evoluce nukleových kyselin a fyzikální chemii molekulových interakcí.

**Bez čeho se neobejde jeho všední den?**

- › Téměř denně nějaký jednoduchý sport, nejraději tři čtyři kilometry plavání dvakrát týdně.
- › Jednou týdně lahev dobrého vína.
- › Stále častěji nějaký prášek na spaní.
- › Káva, zprávy, strečink.
- › Zoufalý záchvat vzteku kvůli bezbřehé byrokracii.



role vzniku života, část získala v průběhu evoluce díky svým unikátním vlastnostem.

#### **A jak to všechno RNA dokáže?**

**Judit:** Pokud na to někdo vymyslí úplnou odpověď, bude to zázrak. Hlavním cílem našeho výzkumu je zjistit, jak vůbec mohla první RNA na Zemi vzniknout. Tedy jak se dostat od nejjednodušších molekul jako metan přes stavební bloky, jako jsou adeniny a ribóza, až k prvním biopolyměrům s darwinistickým chováním.

#### **Co můžeme z pohledu chemie už považovat za život? Jaká je vlastně definice života?**

**Judit:** Já osobně mám nejraději definici od Edwarda Trifonova: Život je sebereprodukce s variacemi. Entita umí nejen vytvořit vlastní kopii, ale i úplně novou, odlišnou entitu. A tuto vlastnost některé krátké molekuly RNA – zdaleka ne všechny – už v sobě mají.

**Jiří:** Živá molekula už je schopna darwinistické evoluce – tedy reprodukce a sebezdokonalování – na úrovni chemie.

#### **Takže ve chvíli, kdy zjistíme, jak vznikla RNA, respektive dokážeme ji syntetizovat v laboratoři, můžeme říct, že jsme objevili vznik života?**

**Judit:** Ano. Dostatečně dlouhé molekuly RNA už získají katalytické funkce a dříve nebo později se jim podaří vytvářet další molekuly RNA.

**Jiří:** Pokud ji dokážeme syntetizovat bez použití jiné RNA, máme jeden z klíčových chemických kroků. Možná ne ten nejtěžší ve směru k buněčným formám života, ale snad rozhodující pro alespoň primitivní život.

#### **Shodne se na tom, co je a není život, biolog s chemikem? Uznají vám jako „život“ RNA i biologové?**

**Judit:** Na definici života se určitě shodneme. Pokud jde o dotaz, jestli je RNA základem života, většina biologů také souhlasí s chemiky, i když někteří ještě pořád zastávají názor, že samoorganizace metabolických procesů byla pro vznik života důležitější než sebekopírující genetické molekuly. Nicméně v chemii dodnes neznáme žádný příklad samoorganizace chemických reakčních cyklů.

#### **Je zajímavé, že chemici mluví o darwinovské evoluci.**

**Jiří:** Darwinovská evoluce náhodného výběru ale funguje už na této chemické úrovni. V tomto duchu jsme navrhli i nový scénář na spontánní vznik RNA na Zemi. V jednom z našich posledních článků píšeme, že důležitou vlastností, která umožnila RNA evoluci, bylo právě to, že snadno reaguje s vodou. Tedy štěpí se na kratší RNA molekuly a znovu skládá.

Obecně ještě k darwinovské evoluci jako takové – když máte metodu náhodného výběru, od určitého množství

pokusů se tato metoda stává lepším konstruktérem než jakýkoli geniální inženýr. Matematicky to tuším rigorózně prokázal už John von Neumann. Na delším časovém úseku darwinistický náhodný výběr porazí každý cílený vývoj. Často se říká, že když byly za Hitlera dělány pokusy na zúšlechtnění ras, byl to darwinismus. Ale s Darwinem to nemělo nic společného, naopak to bylo popření darwinismu – v okamžiku, kdy do procesu vložíte cíl, regulaci, brzdíte evoluci a můžete dojít k degeneraci. Zásah do náhodného výběru je však neúčinnější způsob, jak něco nechat vyhnout.

#### **Rozeberme si ještě dvě teorie o vzniku života. Jedna předpokládá klíčovou roli formamidu v syntéze prvních genetických molekul, druhá přichází s ideou kyanovodíku. Pojďme je probrat.**

**Judit:** Kyanovodík vychází z výsledků šedesát let starého experimentu Stanleyho Millera a Harolda Ureyho (*nositel Nobelovy ceny za chemii 1934, pozn. red.*). Když Miller, student Ureyho, promíchal metan, vodík, vodu a amoniak a do toho ponořil elektrody, začaly v elektrickém výboji vznikat aminokyseliny. A ty vznikaly přes kyanovodík, zjednodušeně řečeno. Vědci také přišli na to, že jedna z nukleobází, tedy stavebních kamenů RNA, vypadá přesně jako řetězec pěti kyanovodíků. Po šedesáti letech

**VYBRANÉ POJMY  
Z ROZHOVORU**

**RNA (ribonukleová kyselina) je nukleová kyselina. Pro vědce je její vznik totožný se vznikem života, protože je schopna reprodukce a sebezdokonalování.**

**DNA (nukleová kyselina) je nositelkou dědičnosti u buněčných organismů. Je v ní kódována veškerá informace nutná pro růst a přežití organismu. DNA a RNA se mohou nazývat také genetické molekuly, nebo molekuly genetického kódování.**

**NUKLEOVÁ BÁZE je základní součástí nukleových kyselin. Užívají se pro ně písmena A, G, C, U.**

**BIOMOLEKULA je chemická sloučenina, skládá se především z uhlíku a vodíku, dále v ní najdeme i dusík, kyslík, fosfor a síru nebo jiné prvky.**

**POLYMER je makromolekula se specifickými vlastnostmi sestávající z velmi velkého počtu molekul. Mezi polymery se řadí například nukleové kyseliny – DNA, RNA.**

**ORGANICKÁ SLOUČENINA je chemicky čistá látka, jejíž molekuly obsahují vždy jeden nebo více atomů uhlíku. (Řadí se mezi ně například sacharidy, tuky, vitaminy nebo antibiotika.)**

**FORMAMID (amid kyseliny mravenčí) je jednoduchá organická molekula, která má základní čtyři atomy: uhlík, kyslík, vodík a dusík, které jsou potřeba pro syntézu nukleových bází pro RNA a DNA.**

další práce už víme, jak se dále dostat ke stavebním jednotkám RNA, jejím monomerům, nukleotidům. Druhý přístup ke vzniku života je starý teprve patnáct let. Vědci si uvědomili, že kyanovodík je pekelně reaktivní, to znamená, že kamkoli ho pustíte, na všechno se naváže. A tak není jasné, jak by se kapalný kyanovodík mohl nashromáždit. Kyanovodíkový

scénář navíc potřebuje vodu. Jenže většina chemických kroků, které vedou ke stavebním blokům a dále, jsou takzvané kondenzační reakce – produkují vodu. A tyto reakce nejsou ve vodě favorizovány. Tak se přišlo na myšlenku, že tou pomyslnou startovní molekulou byl spíše formamid.

Často se má za to, že matkou našeho života je voda, ale pro molekulu RNA je voda velmi agresivní prostředím, je to tak?

**Judit:** Na syntézu stavebních bloků RNA je voda nepřátelské prostředí, až později vstoupí do hry jako nezbytná sloučenina. Scénář, na kterém pracujeme s našimi italskými kolegy (*Ernesto Di Mauro a Raffaele Saladino, pozn. red.*), odvozuje vznik prvních biomolekul z formamidu, což je oblíbené rozpouštědlo v laboratořích organické chemie. Organičtí chemici ho mají rádi, protože je kapalný do dvou set deseti stupňů Celsia – dají se v něm provést i reakce, které pod bodem varu vody jinak neběží. Chemicky je to velmi podobná molekula jako kyanovodík, avšak není tak prudce reaktivní. Podle našeho názoru je pravděpodobné, že na rané Zemi se vytvořil z amoniaku a kyseliny mravenčí, což je mimochodem nejhojnější produkt Millerova a Ureyho experimentu. Můžete si představit, že v obrovských vulkanických erupcích se promíchá vulkanický prach a mezi prachovými částicemi jsou elektrické výboje – blesky. V těch blescích vzniká jako hlavní produkt kyselina mravenčí. Ta při teplotě kolem dvou set stupňů reaguje s amoniakem tak, že se rozkládá na formamid. A ten pod teplotou dvou set stupňů kondenzuje.

Při této teplotě voda tvořila páru, zatímco formamid se mohl kondenzovat do kapek a jezírek. Ta se ochlazuje, a když jejich teplota klesne pod sto šedesát stupňů, už se z něho dají syntetizovat součástky RNA. Dostane-li se teplota pod bod varu vody, pára kondenzuje na vodní prostředí a mísí se s formamidem. A jak ve formamidu, tak ve vodě se mohou vytvořit molekuly, z nichž se při dalším pokle-

su teploty samovolně vytvoří první chemicky aktivní molekuly RNA.

**Tedy živé molekuly RNA?**

**Jiří:** Schopné další evoluce.

**Judit:** Přesně tak. Tyto RNA molekuly umějí nejen samy sebe přesně kopírovat, ale i vytvořit RNA molekuly s jinou sekvencí.

**Pokud to všechno vznikalo před čtyřmi miliardami let na úpatí bouřlivých sopek, musela tu být nějaká ztuhlá kůra.**

**Judit:** Ano, tohle všechno se už dělo na dostatečně vychladlé kůře.

**Jiří:** Kyanovodíkový scénář předpokládá jednu okolnost – vše probíhá na jednom místě, protože všechny věci vznikají současně a v jedné „zkumavce“.

**Judit:** Příroda takhle nefunguje, tam všechno teče a proudí. Formamidový scénář předpokládá pohyb a míchání materiálu.

**Jiří:** Příroda může produkovat chemii, která je v nerovnováze. Jako že vám třeba po erupci zaprší formamid, zkapalní a proběhnou v něm první kroky té chemie. Pak se reakce na chvíli zastaví v rovnováze. Mezitím materiál steče po úbočí sopky, smíchá se s něčím dalším, v noci se ochladí, zaprší voda. A jak klesá teplota, chemie dělá další a další kroky ke složitějším molekulám. Během několika hodin mohou molekuly projít cestu od syntézy formamidu v blesku až po vznik RNA a každý krok provádějí za jiné teploty a dalších podmínek. Nerovnovážná nevratná chemie je dnes velmi moderní. Není důvod předpokládat, že na Zemi všechno proběhlo v jedné uzavřené zkumavce v jedné dané chvíli. Ostatně my všichni jsme nerovnovážné – otevřené, neideální – systémy! Celá Země je nerovnovážný chemický systém! My snižujeme svou entropii díky toku energie a okolnímu materiálu, a tím zvyšujeme entropii svého okolí. Formamidový scénář těží z toho, že během tohoto procesu docházelo ke změně podmínek, hlavně teploty, a míchání různých materiálů – nevzniklo to v předem dobře postavené magické nádobě.

**Proč dává většina vědců přednost ne tolik pravděpodobnému kyanovodíkovému scénáři?**

**Judit:** Začali na tom pracovat opravdu výborní chemici a dělají na tom už přes šedesát let. Od začátku se upnuli na to, že vše musí proběhnout naráz. Uvažují jako chemici v laboratoři, trochu odtržení od reality přírody. Když se o tom bavíme s biology, usmívají se – vědí, že příroda není chemicky perfektní.

**Jiří:** Každý vědní obor má z pohledu své profese o světě jiné představy.

**Můžete potvrdit, že se moderní věda propojuje? Zdá se, že by díky technologiím mohla nahlížet styčné body – kvantová chemie, kvantová fyzika, kvantová matematika.**

**Judit:** Problém je, že všichni lidé mají svou mentální kapacitu a omezený znalostní okruh. Ve vědě je dnes tak obrovské množství informací, že nás to nutí k fragmentaci a specializaci.

**V čem jsou dvě zmíněné teorie o vzniku života nejvíce v rozporu?**

**Judit:** Zastánci kyanovodíku šedesát let pracují na tom, aby s vysokým výnosem udělali dokonalou syntézu všeho v jedné nádobě. Uznávám, že z pohledu organického chemika je to úctyhodná úvaha. Formamidový, tedy i námi preferovaný scénář přichází s tím, že vysoký výnos nebyl nutný, spíše bylo zapotřebí, aby byl ten scénář robustní – abychom se ze stejného materiálu v nejrůznějších podmínkách dostali k témuž závěru. Vždyť podmínky na rané Zemi nebyly stále tytéž. Žádná sopka nesopí pořád stejně.

**Vy spolupracujete s oběma skupinami?**

**Judit:** Ano. Teď máme například ve spolupráci s klíčovými zastánci kyanovodíkové cesty i práci v časopise Nature Chemistry, která zase objasňuje jeden dosud chybějící krok cesty přes kyanovodík.

**Jednou z nejdůležitějších součástí vašeho modelu vzniku života jsou procesy nerovnovážné chemie. O co jde?**

**Jiří:** Nerovnovážná chemie znamená, že její jednotlivé kroky jsou odděleny nevratnými procesy. Materiál steče po úbočí sopky a už se nikdy samovolně nevrátí zpět. Stále se posunujete a už se nemůžete vrátit k první reakci. Nevratné kroky, jako když na letišti procházíte kontrolami. Absolvujete jednu, druhou a pak třetí, důvodem je dosažení vyšší bezpečnosti. Pokud to přerušíte, nevrátí vás k předešlé, ale znovu k té první. Jedině tak se účinnost jednotlivých kontrol násobí. Nesmíte kontroly míchat. Nerovnovážná chemie brání tomu, aby se molekuly mohly vrátit na začátek procesu, musejí pokračovat dál a dál. Kdežto v té rovnovážné zkumavce probíhá reakce stále dopředu i dozadu.

**Zdá se mi to, nebo je pravda, že i ve vědě hraje velkou roli ješitnost?**

**Judit:** O tom bych mohla vykládat dlouhé historky.

**Ke svým vědeckým závěrům nepřicházíte klasickými chemickými pokusy, ale pomocí kvantové chemie. Je to tak?**

**Judit:** Já jsem začala jako klasický chemik. To, co v kvantové chemii děláme, klasické chemické pokusy potvrzují. Opravdu nemá cenu, abychom našimi výpočty jenom něco předpovídali, vždy vycházíme z experimentu, musíme mít velmi pevnou návaznost na realitu.

**Jak kvantovou chemii vstřebávají klasičtí chemici? Nerozumějí jí, dívají se na ni s despektem?**

**Judit:** Obojí jste trefil. Jednak tomu nerozumějí a celkem pochopitelně se na ni dívají s despektem. Říkají – Pokud něco navrhujete, chceme to vidět v realitě. Proto jsou zapotřebí kontrolní experimenty. Pomáhají v tom Italové nebo čeští kolegové z Heyrovského ústavu, z Olomouce a Brna.

**Mohou se chemici vašimi výsledky inspirovat? A dělají to?**

**Judit:** Máme docela rozsáhlou spolupráci a stále více experimentátorů se k nám chce přidat, což je hodně motivující.

**Jiří:** Kvantová chemie obecně se rychle vyvíjí. V okamžiku, kdy vý-

Hlavním působištěm manželů je Biofyzikální ústav AV ČR v Brně, dále pracují ve Středoevropském technologickém institutu CEITEC a v Regionálním centru pokročilých materiálů a technologií Univerzity Palackého v Olomouci.

Prostřednictvím chemických modelů rekonstruují procesy, jimiž z molekul běžných v atmosféře zhruba před čtyřmi miliardami let mohly vzniknout první molekuly RNA umožňující počátek života.

Své scénáře představili v listopadu 2016 v časopisech Nature Chemistry a WIREs RNA.

Jejich brněnské pracoviště je celosvětově nejlepší v teoretických výpočtech věnujících se vzniku prvních „živých“ molekul a spolupracuje s vědeckými týmy v Itálii, Anglii či USA.

konnost počítačů překročila určitou kritickou mez, stačilo doslova několik let k tomu, aby obor, který byl desítky let považován za plané teoretizování, dostal Nobelovu cenu (*britský chemik John A. Pople ji získal v roce 1998 za rozvoj výpočetních metod v kvantové chemii, pozn. red.*). Dnes jsou obory chemie, kdy si bez ní ani nevrznete.

**Vaše práce je hodně závislá na úspěšnosti počítačů. Jak často je musíte měnit?**

**Jiří:** Jsme odkázáni na to, co počítač umí. Kolem roku 1990 bylo všechno v podstatě nachystáno a jen se čekalo na kvalitu počítačů. Tehdy se objevila generace superpočítačů a my jsme s Pavlem Hobzou jako první na světě spočítali takzvané vertikální interakce bází nukleových kyselin, což byste dnes udělal padesátkrát rychleji na svém laptopu. A ty výsledky stojí ve vědecké literatuře jako skála a už se nebudou nikdy měnit (*jejich výsledek je často citován ve světových vědeckých časopisech, pozn. red.*). Byla to



aplikace, na kterou už tato třída počítačů stačila. Já začal v Americe na superpočítači, který stál patnáct milionů dolarů. Za pár let ho vyvezli na smetiště. Chudáček superpočítač byl chlazen kapalinou, účty za elektřinu byly prostě nesnesitelné a už ho předběhla kdeká grafická stanice. Výpočetní klastry je třeba měnit průběžně a zastarají vám za čtyři až pět let.

**Před chvílí jste použil termín entropie. Setkáváme se s ní všude tam, kde hovoříme o pravděpodobnosti možných stavů daného systému či soustavy. Co vás na ní nejvíce udivuje?**

**Jiří:** Je fascinující, že člověk je uspořádaný systém. A přitom všechny izolované systémy směřují do stavu neuspořádanosti, na základě druhého termodynamického zákona – jednoho z nejjednodušších zákonů fyziky i chemie. Entropie byla objevena empiricky a po mnoha letech rigorózně pochopena statistickou fyzikou.

**A jak je možné, že člověk je uspořádaný systém?**

**Jiří:** Jen tak, že vy a my všichni zvyšujeme entropii svého okolí. Existuje teorie, že jako celek entropie narůstá a my tu svou snižujeme díky tomu, že námi protéká materiál a energie zvnějšku. Krásně žijící město má díky

své organizaci také sníženou entropii. Když tomu městu znemožníte jakoukoli výměnu čehokoli s okolím, včetně odvozu odpadků, tak ten systém uzavřete, izolujete a on nárůstem entropie degraduje. My jsme založeni na toku energie a látek z okolí, a tím zvyšujeme entropii svého okolí. A to je další princip života – samoorganizace hmoty nerovnovážnou chemií otevřených systémů.

**Je teorie entropie dostatečně ukotvena, aby ji v budoucnosti nějaká jiná úplně nezavrhl? Nebo je to třeba jen nepatrný začátek k pochopení „nepochopitelného“?**

**Judit:** Je to jako v náboženství. Pokud entropii nevěříte, nemá cenu, abyste dělal chemii.

**Jiří:** Všechny systémy jako celek směřují do stavu maximální entropie. Vy snižujete svou entropii tím, že jíte, pijete a spalujete.

**A co vesmír? Směřuje do stavu maximální entropie?**

**Jiří:** Spíše bych se zeptal, jestli směřuje do stavu entropické smrti.

**Judit:** Od kolegů astrofyziků jsem slyšela, že jednou to představení skončí.

**Jiří:** Jiní zase tvrdí, že vesmír je tak obrovský, že v něm nám známé zákony nutně nemusejí takto striktně platit. Jednak je tak velký, že fluk-

tuace v něm by mohly vést k lokální nerovnováze, navíc není nikde řečeno, že náš vesmír je uzavřený termodynamický systém. Může vyměňovat energii a hmotu s jinými vesmíry a my to vůbec nemusíme vidět.

**Naše vnímání je přece jen omezeno smysly, realitu vnímáme tak, jak nám ji mozek v našem zájmu přeloží, takže ji vlastně neznáme. Reflektuje toto věda?**

**Jiří:** Ano, vytváříme si své mapové vidění, na jaké naše smysly stačí, ale pokud mluvíte s kvantovými fyziky, všechno je jinak. Nikdo z nás není tak malinký, aby viděl, jak se vlní a delokalizuje elektron.

**Pokud vím, chovají se tyto částice nevyzpytatelně.**

**Jiří:** Nevyzpytatelně pro nás. Ty částice se zcela vyzpytatelně řídí zákony svého – pro ně normálního – mikrosvěta a moderní technologie, polovodiče nebo lasery, je běžně využívají. Světy, které jsou mimo naše smyslové vnímání, neumíme názorně popsat, ale umíme je podchytit matematicky. To platí o světě kvantové mechaniky a elementárních částic, ale stejně tak o velkém třesku a víceméně i o biologických molekulách v buňce.

**Takže to vždy půjde jakoby mimo nás?**

→

▼ PLACENA INZERCE

**OLYMPIC**  
55<sup>LET</sup> 9. 12. 2017, 19:00



Dvojka  
Český rozhlas

Vstupenky v síti

ticketportal

O<sub>2</sub>arena PRAHA



## MEZI ŠESTI OČIMA

Vydal jsem se za nimi do Brna. Uvítali mě na nádraží a taxíkem odvezli na své pracoviště. Den předtím mi poslali jídelní lístek, abych si vybral z pěti jídel – v brněnské Akademii věd vaří dobře. Jiří hovoří rychle, vše sype z rukávu. Já jako novinář vítám, že učí, takže volí dobré příklady. Dost často skáče své ženě do řeči, ta je na to ale očividně zvyklá a ještě ho za některé věty pochválí. Judit, původem Maďarka, překvapí dobrou češtinou a pohladí až mateřským přístupem. Nezapřou v sobě, že jsou vědci, je znát, že tvoří dobrý tým nejen v práci, ale i v manželství. Naše následující spolupráce přes internet byla příkladná. Byli skvělí.

**Jiří:** Kdybyste byl kvantovou částicí, bude vám náš makrosvět připadat absurdní. Velký třesk nebo paralelní vesmíry budou vždy mimo naše smyslové vnímání, to ale neznamená, že jsou nereálné.

**Věda, konkrétně vaše práce, se zabývá tím, co tu bylo před miliardami let. Už se tolik nesnaží porozumět tomu, proč tu vlastně jsme a jaký je náš úkol. Jak se na tento rozpor díváte?**

**Jiří:** Kdysi jsem si myslel, že věda všechno vyřeší, ale dnes chápu, že filozofie a věda jsou dvě odlišné oblasti. Úkolem vědy je zjistit určité objektivní informace nezávislé na lidech, jejich tužbách a tak dále. Z hlediska evoluce žádný úkol nemáme, prostě jsme vznikli jako důsledek darwinistické evoluce jako jedna z forem chemických procesů. Vyšší smysl lidské existence neřešíme, ten si musí každá společnost a každý člověk najít sám. Specifitou studia vzniku života na molekulární úrovni je to, že my nikdy nebudeme přesně vědět, jak život vznikl. Prostě proto, že nemáme experimentální nástroje, jak to zjistit. Nemůžeme přesně určit, který den a na kterém místě se objevila první molekula RNA. Dokonce ani nemůžeme říct, jestli molekula RNA neměla nějakou konkurent-

ku či předchůdkyni, po níž dnes už nezůstaly žádné stopy. Studentům dávám následující příklad: Naše planeta byla kdysi obydlena dinosaury. Víme to, protože máme obrovské množství kosterních nálezů. A teď si představte, že by žádný z těchto nálezů neexistoval. Kdybyste pak přišel za nějakým biologem a řekl mu, že tu žila takováhle monstra, vysměje se vám, protože by si tak obrovské plazy nedokázal ani představit. My musíme ukázat, že existují spontánní chemické procesy, které dokážou vytvořit molekulární život.

**Problém je, že i když pátráme po svém vlastním prazáčátku, současně drancujeme místo, které nás zrodilo.**

**Jiří:** Člověk si myslí, že je dokonalý pán tvorstva, ale v tomhle jsou mnohem dokonalejší bakterie. A nemusejí přitom ničit svou planetu. Byly tu daleko před námi a máme jich v sobě asi třikrát více než vlastních buněk. Ty se nám smějí – abychom nevyhynuli, museli jsme se naučit myslet, ale naše myšlení nás dovedlo k vámi zmíněnému drancování a vůbec není jisté, jestli tu budeme za deset tisíc let.

**Ve vědě jde o to, abyste se dostali, až kam to jde. Kam až to jde u vás?**

**Judit:** Nedávno jsme se bavili o tom, kam až se můžeme dostat se součas-

ným vybavením. Dospěli jsme k závěru, že to bude velký zázrak, když někdo vyřeší vznik přepisování genetických molekul na bílkoviny.

**A má se takový zázrak vůbec řešit, nemělo by to být tak trochu tabu?**

**Jiří:** Pro vědce tabu neexistuje. U správného vědce to jde až do obsese.

**Asi největší záhadou dnes je, jak vznikly první buňky, tedy zárodky dnešních buněčných stěn. Myslíte si, že to záhadou zůstane navždy?**

**Judit:** Jde o to, jak genetický materiál začal kontrolovat tvorbu buněčných stěn. To je absolutní záhada. ■