

tobias hülswitt & roman brinzanik

budeme žít věčně?

ROZHOVORY O BUDOUCNOSTI ČLOVĚKA A TECHNOLOGÍ

Copyright © Suhrkamp Verlag Berlin 2010
Translation © Eva Hermanová, 2012
Cover and layout © Lucie Mrázová, 2012

ISBN 978-80-87497-37-1

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ PROCES VE VESMÍRU

Rozhovor s chemikem Jeanem-Marie Lehnem
(Štrasburk, 18. srpna 2009)

Molekulární rozpoznávání a samoorganizace hmoty

TOBIAS HÜLSWITT: Na čem Vy a Váš tým pracujete?

JEAN-MARIE LEHN: Náš stěžejní zájem se orientuje na základní proces samoorganizace, tedy na otázku, jak se může hmota vyvíjet a vytvářet stále komplexnější formy. Když jednou víte, jak samoorganizace funguje, můžete tyto informace využít, nejprve na zcela jednoduché úrovni, ve které my v současné době pracujeme. Ale postupně začínáme lépe rozumět také extrémně komplexní samoorganizaci živých organismů. A možnosti použití jsou, jak věřím, velmi důležité v oboru nanotechnologií.

HÜLSWITT: Co Vás fascinuje na samoorganizaci?

Týká se nás všech! Jsme tady na Zemi samoorganizujícími objekty, nespadli jsme z nebe dokonalí. Člověk je tvor, který se samoorganizuje, sestává z malých jednotek, které se organizují do stále větších a komplexnějších celků. Důvodem naší existence je to, že vesmír, ve kterém žijeme a jak jej známe, se také samoorganizuje a má takové vlastnosti, které umožňují hmotě slučovat se z dílčích jednotek v jedinou myslící podstatu, ať už lidskou, nebo jakoukoliv jinou. Jiné bytosti na jiných planetách myslí také nebo praktikují něco podobného tomu, co nazýváme myšlením. Ale tohle vše vyvěrá z vesmíru jako výsledek samoorganizace, ta je proto pro mě jeho nejdůležitějším procesem.

ROMAN BRINZANIK: Společně s Donaldem J. Cramem a Charlesem J. Pedersenem Vám byla roku 1987 udělena Nobelova cena za chemii, a sice za „Objev a aplikace syntetických makrocyclických látek se selektivními vlastnostmi pro vazbu iontů a molekul“. Je možné totéž nazvat molekulárním rozpoznáváním?

Úplně přesně, rozpoznávání je slovo, které se dnes v chemii používá. Do chemického slovníku jsem jej zařadil já, v biologii se tento pojem používá již delší dobu. Rozpoznávání znamená, že spojení nějakých dvou molekul může být silnější než spojení každé z těchto molekul s molekulou třetí; tedy AB je silnější než AC nebo BC. Říkáme pak, že se A a B vzájemně rozpoznaly. Je to velmi jednoduchá, ale extrémně důležitá koncepce. Tato myšlenka existuje již od roku 1894. Emil Fischer tehdy jako první rozpoznal, že dvě molekuly, v jeho případě enzym a substrát, do sebe musí co se týče formy zapadat jako klíč do zámku. Stala se z toho velmi známá metafora. Dnes už víme, že tento obraz je malinko zjednodušený, protože molekuly jsou flexibilní a umí se přizpůsobit. Ale základní myšlenka byla správná. Tak například v lidském těle existují takzvané vraždicí buňky, které fungují jako zdravotní policie a umí najít a zničit „špatné“ buňky, například rakovinotvorné. Musí tedy existovat mechanismus, podle kterého se vzájemně rozpoznají. Jak to funguje? Odpovídající proteiny v membráně vraždicí buňky se spojí s buňkou postiženou tumorem. Pokud je toto molekulární spojení správné, pokud klíč takzvaně zapadl do zámku, ví vraždicí buňka, že se jedná o buňku, která musí být zničena.

BRINZANIK: V této souvislosti existuje také pojem molekulární programování. Znamená to, že je možné vyrobit zámek a klíč v laboratoři?

Ano, biologickou molekulu je možné přepracovat a změnit její strukturu. Můžeme to nazvat chemickou částí syntetické biologie. Pracujeme hlavně se syntetickými, tedy uměle vyrobenými molekulami, které koncipujeme tak, aby uchovávaly specifické informace, a sice zabudováním speciálních komponentů, které umí cíleně interagovat

s jinou molekulou. Informace se uchovávají tak, že molekula má určitou vnitřní koncepci a při interakci s jinou molekulou umí přečíst a zpracovat informace jako v počítačovém programu.

BRINZANIK: Jak z těchto principů vychází supramolekulární chemie a cílená autoorganizace hmoty?

Molekulární chemie se zabývá především otázkou, jak může vyrobit z atomů, jako je uhlík, vodík, dusík, kyslík a další, komplexní molekulu. Pokud jsou molekuly už jednou vyrobeny, snaží se sloučit s jinými molekulami, například pomocí molekulárního rozpoznávání. Tato mezimolekulární interakce tvoří supramolekulární část chemie. Bez molekulární roviny neexistuje supramolekulární rovina, komplexní jednotky jsou podmíněny jednoduchými. Dílčí stavební kámen je molekula, hotový dům supramolekula, která vznikla samoorganizací dílčích molekul. Vezměte si Štrasburskou katedrálu, kterou vidíte z mého okna. Kdyby bylo možné uložit do každého kamene informaci, která by mu řekla, kde je jeho místo, kdyby každý obsahoval magnet – ne moc silný, aby nezůstal držet na špatných protějšcích – a kdyby byl každý kámen pohyblivý, mohla by se celá katedrála postavit téměř sama samoorganizací jednotlivých kamenů. Někomu, kdo v tomto oboru nepracuje, by to mohlo připadat jako čarování. Ale to je jednoduše chemie. A kamenům je potřeba dát možnost dalšího hledání v případě špatného spojení. Všechno musí být dynamické a obousměrné. Tato obousměrnost je součástí samoorganizace, protože k té nemůže dojít, pokud se díly spojí bez možnosti dalšího rozdělení a nového sloučení. To je neaktuálnější část našeho výzkumu. Tímto způsobem může naše i jiné laboratoře vyrobit například objekty nanovelikostí a různých forem, například válce, šroubovice, klece a jiné.

BRINZANIK: V supramolekulární chemii jste použil Darwinovu koncepci evoluční teorie.

Samoorganizace se může vyskytnout také ve spojení s výběrem, ze značného počtu komponentů jsou vybrány ty, které umožní stavbu

finální jednotky. Než vznikl život, musela existovat určitá forma chemického darwinismu, prebiotická evoluce. Je nepředstavitelné, že by před vznikem života neexistovaly žádné procesy, které by utvářely stále komplexnější hmotu, až konečně určitým způsobem, kterému dnes ještě nerozumíme, vznikl život. Je velmi těžké na to přijít. Každopádně se momentálně neumíme vrátit v čase a jednoduše se podívat – možná to půjde někdy v budoucnu –, proto si musíme představit přijatelné procesy, u kterých ale nemůžeme doložit, že se tak skutečně staly.

Nanotechnologie a nanomedicína

BRINZANIK: V proslulé přednášce *There's plenty of room at the bottom** z roku 1959 hovoří fyzik Richard Feynman o možnosti cíleně kontrolovat jednotlivé atomy a molekuly. Byl si jistý – to byl rozhodující bod –, že by z toho mohlo vyplynout „enormní množství technických aplikací“, a inicioval tím dnes velmi aktivní obor, nanotechnologii. O co se zde jedná?

Jednou jsem název přednášky doplnil: „*There's plenty of room at the bottom – but there's more room at the top.*“** Myslel jsem tím, že komplexní těleso může rozvíjet více funkcí než jednoduché. Jinými slovy: Než vyrábět stále menší a menší věci, bylo by lepší přemýšlet o vyšší komplexnosti a využít schopnost hmoty se samoorganizovat a nechat vzniknout požadovaný objekt spontánně, ale kontrolovaně. Směřujeme tedy od nutnosti vyrábět směrem k samovýrobě.

HÜLSWITT: Jaká je přesná definice nanotechnologie?

Nano je definice řádové velikosti, nanometr je miliontina jednoho milimetru. Technický obor, nazývající se obecně nanotechnologie, se zabývá výrobou přístrojů a zajištěním funkcí v této řádové velikosti. Vedle velikosti se jedná o nové vlastnosti, které se v tomto oboru objevují. Pokud se předměty stále zmenšují, dostávají se do hry efekty, které

* Tam dole je spousta místa

** Tam dole je spousta místa – nahoře ale mnohem více

v jiné řádové velikosti nejsou možné, a tím jsou velmi zajímavé. Jsou možná tím, co dělá nanotechnologii tak specifickou. Na druhé straně i objekty, se kterými pracují biologové a chemici, mají nanorozměr. Protein je přirozený nanoobjekt. Do té míry se molekulární biologové stali nanotechnologové, stejně jako chemici, kteří pracují s polymery.

BRINZANIK: Jaké je případné využití?

Za prvé je možné věci zmenšovat. Do stejného objemu je možné vtěsnat více komponentů. Tímto způsobem je možné ještě více miniaturizovat čipy, počítače a jiné přístroje, které však budou ještě výkonnější. Je možné si představit i tělesné implantáty, elektroniku z plastů s velmi malými součástmi, efektivní části neuroprotéz a mnohá další uplatnění.

HÜLSWITT: Co přesně se rozumí pod pojmem lékařská nanotechnologie?

Lékařská nanotechnologie pracuje s malými prvky. Například k tomu, aby se lék dostal na určité místo, pomohou malá pouzdra, která obalí povrch léku rozpoznávací jednotkou, která pak najde odpovídající tkáň, tedy cílové místo, do kterého má být lék dopravený. To je jedna z perspektiv lékařské nanotechnologie. Už dlouho se uvažuje o možnosti spojení protilátky s určitým antigenem, řekněme rakovinnou buňkou, pomocí léku, který by doputoval jen k rakovinné, a nikoli ke zdravé buňce, protože medikamenty používané v dnešní chemoterapii nejsou příliš selektivní. Úhrnem je v oblasti lékařské nanotechnologie velký potenciál.

Intelligence a samoorganizace hmoty

HÜLSWITT: Je intelligence nutný důsledek evoluce? Od neživé hmoty k živé a odsud k inteligenci?

Zajímavá otázka. Je intelligence nutný důsledek evoluce? V přednáškách pro veřejnost, které čas od času pořádám, mluvím o cestě jed-

notlivých částek k organizované, následně živé a nakonec myslící hmotě. Jeden můj kolega, Christian de Duve, napsal zajímavou knihu s názvem *Zrození z prachu – Život coby kosmická neodvratitelnost*. Před životem nelze utéct. To je silný výrok! Je život příkaz vesmíru? Skutečnost, že je vesmír a my v něm, ukazuje, že vesmír podléhá přírodním zákonům a skládá se z komponent, které umožňují naši existenci. A skutečnost, že existujeme, ukazuje na to – protože jsme myslící bytosti –, že může existovat i myšlení. Jedná se o tautologii, uzavřený kruh. Kosmologové také mluví o antropickém principu. V jednom článku jsem psal o „*Evoluci hmoty pod tlakem informace*“. S takovými výroky musí být člověk opatrný, protože mohou vyznít teleologicky. Na druhé straně není možné tyto skutečnosti nechat bez povšimnutí, protože hmota, která obsahuje více informací, má pravděpodobně větší šanci přežít poškození. To pak může znamenat zmíněný tlak informací. Darwin naproti tomu připisoval tlak okolnímu prostředí. Je to ve skutečnosti velmi jednoduché. Představte si, že máte tři objekty. Pokud objekt A upřednostňuje objekt B před objektem C, je to začátek výběru, to jsem už vysvětloval výše. Abychom rozpoznali, jak z tohoto jednoduchého systému vznikají stále komplexnější věci až vysoce komplexní tělesa, musíme zapojit fantazii. Nové kombinace atomů mohou vytvořit několik miliard různých molekul, z nichž některé se k sobě hodí víc a některé míň, a evoluční proces může pokračovat. Tento systém se musí přirozeně někdy dostat do stadia, kdy je schopen žít a myslet. Laici se na mě občas dívají podezíravě a myslí si, že jsem jeden z těch bláznivých vědců, který chce všechno redukovat na molekuly. Modrou oblohu, básně, filozofii – já vždy odpovídám, že nejde o redukování, ale o vznik. Neznamena to totiž, že naše myšlení je jedna molekula. Jedna molekula není schopna přemýšlet. Ale bez této jedné molekuly bychom nemysleli, protože bychom neexistovali! Až teprve hodně sloučených molekul, hodně komplexních interakcí s množstvím velmi komplikovaných fyzikálně-chemických procesů, vede ke vzniku toho, co nazýváme myšlením.