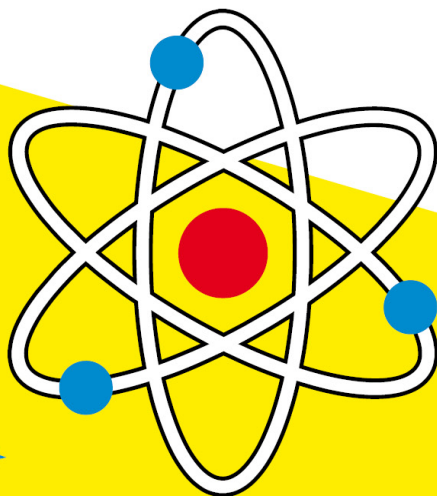


TEMA

marcus chown
jaký to nádherný svět

POKUS JEDINCE POROZUMĚT VŠEMU



TEMA

Marcus Chown

Jaký to nádherný svět

marcus chown

jaký to nádherný svět

POKUS JEDINCE POROZUMĚT VŠEMU

Copyright © Marcus Chown, 2013
Translation © Lucie Kudlejová, 2014
Cover and layout © Lucie Mrázová, 2014

ISBN 978-80-7473-204-1 (PDF)

Věnováno Jeanette, Karen a Aline. Jsem tak rád, že vás mám.
S láskou, Marcus

Předmluva

Tato kniha vznikla díky mému vynikajícímu redaktorovi, Neilu Beltonovi. Vlastně by se dalo říct, že jsem jeho stalker. Šel jsem za ním z nakladatelství Jonathan Cape až k Faber. Neil je muž mnoha talentů. Mimo jiné moc dobře ví, v čem jsou jeho autoři dobří a jaké jsou naopak jejich slabiny.

Za svou silnou stránku považuji to, že umím vysvětlit i ty nejsložitější fyzikální jevy komukoli, kdo se mnou například pojede autobusem číslo 25 (možná bych raději měl říct tomu, kdo *měl tu smůlu* a v autobuse číslo 25 si sedl vedle mě). Kromě fyziky se však věnuji i dalším věcem. Prečetl jsem spoustu beletrie. Zajímám se o historii. Rád běhám. V roce 2012 jsem dokonce uběhl Londýnský maraton (a zřídka kdy to při jakémkoli setkání nezmním během prvních tří minut).

Neilův výborný nápad spočíval ve spojení dvou věcí: využít mou schopnost vysvětlit složité fyzikální jevy jednoduchými výrazy k tomu, že laickými slovy popíšeme *všechno*.

Vyděsil mě. Napsat o všem? A kde vůbec začít? Hned jsem si v hlavě začal srovnávat, jak logicky obsáhnout tak široké téma. Postupně jsem zamítal jeden koncept za druhým. Pak však přišlo něco, co změnilo můj názor: aplikace *Solar System for iPad*. Dostal jsem pouhých 9 týdnů, abych sepsal 120 příběhů o planetách, měsících, planetkách a kometách. Nezbyvalo mi tedy nic jiného, než se ponořit do psaní a naučit se v tom plavat. Aplikace získala několik ocenění, takže se

mi to asi podařilo. A přesně to jsem udělal i tentokrát. Přemohl jsem své obavy a prostě se do toho ponořil.

Byl to boj. Když potřebuji zjistit něco z oblasti fyziky, obvykle vyhledám konkrétního odborníka – a může to být klidně nositel Nobelovy ceny – a jednoduše mu zavolám. Existuje 95procentní šance, že na mé hloupé otázky odpoví hned. A pokud ne, alespoň se o to pokusí. Postupoval jsem tedy stejně. U témat, o kterých jsem nevěděl zhora nic, například o penězích, sexu či lidském mozku, však bylo obtížné vůbec určit někoho, kdo by dokázal mé neuvěřitelně elementární otázky zodpovědět. A když už se mi to podařilo a já někomu takovému zavolal, tito lidé často nebyli schopni zjednodušit své vysvětlení tak, aby ho pochopilo i batole, jak jsem potřeboval. Někdy jsem měl dokonce pocit, jako bychom mluvili různými jazyky. Než jsem získal odpovědi na všechny své otázky, často jsem musel vyhledat dva, tři nebo čtyři odborníky. A občas se stalo, že se mi nepodařilo najít žádného. Místo toho jsem byl nucen spojit vysvětlení několika odborníků s tím, co jsem se sám dočetl.

Neil však měl pravdu. Přesně odhadl, jakou knihu bych měl psát. Takovou, která přesahuje hranici mého pohodlí a nakonec se pro mě stane vzrušujícím a radostným zážitkem. Studia všeho pro mě neznámého jsem si užíval plnými doušky. Začal jsem si cenit toho, v jak báječném světě žijeme – mnohem fantastičtějším než cokoli, co by lidé kdy mohli vynalézt. Během psaní jsem si uvědomil spoustu překvapivých věcí, například...

- že abych porozuměl zajištěné dluhové obligaci na druhou (collateralised debt obligation squared), což byla jedna z příčin, které v roce 2008 poslaly světovou ekonomiku ke dnu, musel bych přechíst dokumentaci o *jedné miliardě stránek*,
- že organismy zvané hlenky mají celkem 13 pohlaví (a vy máte dojem, že není snadné najít a udržet si toho pravého partnera),

- že celé lidstvo by se dalo vměstnat do objemu kostky cukru,
- že jste z jedné třetiny houba – jinými slovy, sdílíte s houbami třetinu své DNA,
- že v přízemí budovy stárnete pomaleji než v jejím horním patře,
- že klíčovou výhodou, jakou měli pravěcí lidé oproti neandrtálcům, bylo... *šití*,
- že v IBM kdysi předpokládali, že počítačů se na celém světě využije tak... *pět*,
- že jen dnes vaše tělo vytvoří přibližně 300 miliard buněk – to je víc než hvězd v naší galaxii (jednoho to odrovná, není divu, že už se mi dnes nechce dělat nic),
- věřte tomu nebo ne, vesmír je možná jeden obrovský hologram. I vy jste možná jen hologram.

Máte-li pocit, že vše v naší přeinformované společnosti kolem vás letí jako rozmazaná šmouha, rád bych se pokusil vám ve své knize rychle a bezbolestně přiblížit, jak svět jednadvacátého století funguje. Konec konců je to pokus jedince porozumět všemu. Ne, ani to nemohu s jistotou slíbit. Berte ji jako pokus jedince porozumět všemu... *první díl*.

Marcus Chown
Londýn, březen 2013

ČÁST PRVNÍ:

Jak funguje lidské tělo

1:

JSEM JAKO GALAXIE

Buňky

Dobře se dá obhajovat stanovisko, že neexistujeme jako entity.
Lewis Thomas

Je cosi v mé hlavě, ale není to mé.
Pink Floyd

Cítím se být sám sebou. Ale to nejsem. Jsem totiž jako galaxie. Ve skutečnosti jsem spíš jako tisíc galaxií. V mém těle je víc buněk, než je hvězd v tisíci Mléčných drahách. A ani jedna z nespočtu buněk mého těla netuší, kdo jsem, ani ji to nezajímá. Vlastně to ani nejsem já, kdo píše tuhle knihu. Má myšlenka je pouhým souhrnem elektrických signálů, které vysílá skupina mozkových buněk – neuronů – prostřednictvím míchy dolů k jiné skupině svalových buněk mé ruky.¹

Vše, co dělám, je výsledkem koordinované činnosti obrovského množství, bilionu na biliontů buněk. Americký biolog Lewis Thomas napsal: „Rád bych si myslel, že to všechno pracuje v můj prospěch, že to pro mě přímo dýchá; ale možná jsou to oni, kdo se procházejí časně zrána v místním parku, kdo jsou smyslem mých smyslů, kdo poslouchají mou hudbu a myslí mé myšlenky.“²

Prvním krokem na cestě ke zjištění, že každý z nás je superkolonií buněk, byl objev buňky samotné. O ten se zasloužil nizozemský obchodník s látkami, Antonie van Leeuwenhoek. Za pomoci upravené malé lupy, která se používá při kontrole hustoty vláken v tkaninách, se stal prvním člověkem v historii, jenž na vlastní oči *viděl* živou buňku. V dopise zveřejněném v dubnu 1673 v periodiku Londýnské královské společnosti *Philosophical Transactions* van Leeuwenhoek píše: „Prozkoumáním malého množství krve, odebrané z mé ruky, jsem zjistil, že se skládá z malých kuliček.“

Termín „buňka“ poprvé použil již o dvě desetiletí dříve anglický vědec Robert Hooke. Při zkoumání rostlinné tkáně si v roce 1655 všiml

shluků odumřelých buněk. Ani on, ani van Leeuwenhoek si však neuvědomili, že buňky jsou pro život něco jako kostičky Lega. Přesně tak to ale je. Buňka je „biologický atom“. Pokud je nám známo, kromě buněčného života žádný jiný neexistuje.

Prokaryota: chráněný mikrověsír

První důkaz o existenci buněk pochází z fosilií starých přibližně 3,5 miliardy let. Nesmělý doklad o jejich existenci je však již z doby před zhruba 3,8 miliardami let, ve struktuře vypovídající o chemických nerovnováhách v horninách, jež jsou pro živé věci charakteristické. První buňky, známé jako prokaryota, byly v podstatě jen malé průhledné slizové váčky o průměru menším než tisícina milimetru. Tím, že se materiál koncentroval pod obalem, došlo k urychlení klíčových chemických reakcí za současného vzniku energie. Současně tím byly proteiny a jiné nestabilní produkty těchto reakcí chráněny před toxickými látkami z okolního prostředí, například kyselinami či solemi. Slizový váček se stal útočištěm, jakýmsi ostrůvkem v oceánu zmatku a chaosu, chráněným mikrověsím, ve kterém se mohly v bezpečí začít vyvíjet řád a komplexnost.

Složitost takových buněk byla z velké části dána proteiny – megamolekulami sestávajícími z aminokyselinových stavebních kamenů a tvořenými miliony atomů. V závislosti na svém tvaru a chemických vlastnostech jsou tyto molekuly schopny s přesností švýcarských nožů plnit nespočet úkolů, počínaje urychlováním chemických reakcí či působením jako buněčné lešení, až po zajišťování pohybu buňky tím, že se zavinou jako pružiny. I jednoduchá bakterie se skládá z přibližně čtyř tisíc různých proteinů, ačkoli syntéza, neboli exprese některých proteinů, například těch nutných k reprodukci, probíhá jen za určitých okolností. Jejich struktura je zakódována v deoxyribonukleové kyselině (DNA), molekule tvaru dvojšroubovice, která ve formě smyčky volně pluje buňkou v chemické polévce, zvané cytoplazma.

Buněčná struktura je nádherně spleťtá. Předně je zde obal, nazvaný membrána. Ten tvoří mastné kyseliny, tedy molekuly, vyznačující se jak vodomilným, tak vodoodpudivým koncem. Když se takových lipidů sejde mnoho – obvykle kolem miliardy – samy se spontánně uspořádají do dvou vrstev, přičemž jejich hydrofobní konce směřují dovnitř a hydrofilní směrem ven.

Lipidové vrstvy obalující buňku ovšem netvoří pouhou pasivní překážku. Ani zdaleka. Tato dvojvrstva totiž reguluje prostup molekul dovnitř a ven z buňky. Představte si buňku jako starobylé město obklopené hradbami. Podobně jako pro drobná zvířata, například myši, není problém snadno procházet hradbami sem a tam, mohou i malé molekuly jednoduše pronikat buněčnou membránou. Větší tvorové, třeba lidé mohou být vpuštěni za městské hradby pouze branami, a stejně tak je „branami“ v buněčné membráně regulován průchod velkých molekul. Najdeme tu například proteiny ve tvaru duté trubice přes celou šířku membrány, jejichž prostřednictvím mohou dovnitř a ven z buňky pronikat právě větší molekuly. Dále jsou tu transportní proteiny, jejichž úkolem je kyvadlová přeprava velkých molekul z jedné strany membrány na druhou.

Molekuly vstupují do buňky jednak jako zdroj energie, dále jako stavební prvky potřebné k tvorbě bílkovin a také kvůli předání informací z okolního prostředí. Okolní nadbytek molekul nezbytných pro výstavbu nových buněk tak například může v buňce vyvolat reprodukční proces.³ Nedostatek molekul vody procházejících membránou pak může buňku upozornit na nebezpečí vyschnutí. Uvnitř buňky se tím spustí kaskáda chemických reakcí, které vedou k rozvinutí DNA a jejímu opakovanému kopírování do molekul, zvaných ribonukleová kyselina, neboli RNA. Molekuly RNA si najdou cestu k ribozomům, nanoaparátu, který používá tuto RNA matici k tvorbě bílkovin. Tyto bílkoviny jsou pak součástí hleny, který buňku před vyschnutím ochrání.⁴ Molekuly bílkovin jsou na prostup buněčnou membránou příliš velké. Z cytoplasmy se ven z buňky vyplavují po milionech v membránových váčcích, takzvaných vezikulech, které

mají schopnost s buněčnou membránou splynout. Membrána se pak otevře, a aniž by došlo k jejímu roztržení či ztrátě strukturální integrity, vyvrhne bílkoviny do okolního prostředí.

Kromě reakce na molekuly v okolním prostředí ale buňky reagují také na molekuly *ostatních buněk*. Objevy fosilií velkých mikrobiálních společenstev, známých jako stromatolity, dokazují, že i ta nejjednodušší a nejstarší prokaryota mezi sebou spolupracovala. Živé stromatolity lze najít i dnes – například v mělkých tropických vodách u západního pobřeží Austrálie – nejstarší z těchto fosilních komunit je 3,5 miliardy let.

Zatímco buňka vytváří bílkoviny ke své ochraně před změnami okolního prostředí, je současně schopna produkovat i proteiny varující ostatní stejného druhu, aby učinili totéž. Tato chemická signalizace je rozhodující pro přežití jednoduchých prokaryot, často žijících v obrovských koloniích, takzvaných biofilmech. Dost možná se jednalo o první organizované struktury, jaké se na Zemi objevily. Buňky na vnitřní straně biofilmu vylučují sladký protein, který jejich membrány přichytí k membránám jiných buněk, zatímco buňky na vnější straně biofilmu produkují proteiny, které je pomáhají chránit před toxiny z okolního prostředí. Některé buňky jsou dokonce za účelem získání drahocenného dusíku pro ostatní svého druhu schopny autodestrukce. Tento druh spolupráce, kdy se buňky v rámci skupiny diferencují, aby mohly plnit různé úkoly, připomíná buňky v lidském těle. Naznačuje, jakým způsobem mohla taková úzká buněčná spolupráce začít fungovat již před miliardami let.

Velikost a složitost prokaryot má své limity. Jednak se bílkoviny sestavené na základě exprese DNA mohou v rámci buňky pohybovat jen pomalým unášením, říkáme o nich, že difundují. Od určité velikosti jsou tedy prokaryota v reakcích na vnější ohrožení nebezpečně pomalá. Vzácná prokaryota *Thiomargarita namibiensis*, k jejichž objevu došlo až v roce 1997, tento problém dokázala vyřešit. Tato obří sirná bakterie dorůstá délky až 0,75 mm, a je tak snadno viditelná pouhým okem. Její DNA není uspořádaná jen do jedné smyčky, ale do

tisíců smyček, rovnoměrně rozložených po celé cytoplazmě. Znamená to, že ačkoli se bílkoviny vzniklé expresí lokálních řetězců DNA šíří pomalu, přesto jsou schopny rychle se dostat do všech částí buňky.

Je tu však další závažný problém, který udržuje prokaryota malá. Čím více totiž rostou, tím větší jsou totiž jejich energetické nároky. I kdyby použily strategii *T. namibiensis*, rostoucí množství energie by spotřebovaly na manipulaci s velkým množstvím DNA. Jelikož by to bylo na úkor jiných buněčných procesů, cesta k vyšší složitosti tak byla doopravdy a jednou provždy zablokována.

Existuje jiný způsob, jak vyrůst: kanibalismus.

Eukaryota: města ve váčcích

Přibližně před 1,8 miliardy let došlo k pozření jednoho prokaryota druhým. Mezi prokaryota patří bakterie a také exotičtější archea, mikroorganismy přežívající v extrémních podmínkách, jako jsou vroucí sirné prameny, které tak byly pravděpodobně jednou z prvních forem života na Zemi.⁵ A před 1,8 miliardy let došlo k tomu, že *archeon spolkl bakterii*.

K něčemu takovému muselo do té doby dojít už nesčetněkrát. Ve všech případech však byla bakterie buď sežrána, tedy usmrcena, anebo vyplivnuta. Tentokrát však bakterie z jakéhosi neznámého důvodu přežila. Víc než to. *Prospívala*. Polykající i polykaný si byli navzájem prospěšní. Polykaný získal ochranné prostředí, a ocitl se tak v bezpečí před nepřátelským okolním světem, polykající pak nový zdroj energie.

Důkazy o tom, že k něčemu takovému skutečně došlo, nashromáždila americká bioložka Lynn Margulisová (první manželka televizního popularizátora astronomie Carla Sagana). Takové důkazy jsou ostatně kolem nás patrné dodnes. Mitochondrie, zdroj energie uvnitř eukaryotických buněk všech živočichů, jsou nejen stejně veliké jako samostatně žijící bakterie, ale *stejně jako ony i vypadají*.⁶ Ještě pozoruhodnější je jejich vlastní DNA, odlišná od DNA mateřské buňky a uspořádaná do smyčky, přesně jako u prokaryot.

Eukaryota mohou mít ve skutečnosti stovky či dokonce tisíce takových mitochondrií. Jsou to neúnavné, soběstačné elektrárny, neustále slučující vodík z potravy s kyslíkem za vzniku energetického oběživa, adenosintrifosfátu, neboli ATP.⁷ Americký biolog Lewis Thomas napsal: „Moje mitochondrie zaujímají velmi značnou část mne samého. Předpokládám, že jich je co do čisté váhy tolik, kolik je mého ostatku. Když se tak na sebe dívám, mohl bych se právě tak dobře pokládat za obrovskou, zvolna se pohybující kolonii dýchajících bakterií.“⁸

Když začaly buněčné mitochondrie pracovat částečně nezávisle, nebylo nutné, aby nadále obětovaly tolik ze své DNA k výrobě energie. DNA byla volná ke kódování jiných věcí, jiných proteinových nanoaparátů. Tím, že buňky před 1,8 miliardami let získaly mitochondrie, mohly najednou růst do mnohem větších rozměrů a mnohem složitějších struktur.

Srovnání velkých eukaryot s typickými prokaryoty je jako postavit vedle sebe kočku a blechu. Taková eukaryotická megabuňka může obsahovat stovky, ba dokonce tisíce membránou obalených váčků, neboli organel. Tyto organely zastanou práci celé buňky, lze si je tedy představit jako ekvivalent továrny, poštovní třídírny či jiného specializovaného střediska v moderním velkoměstě.

Například lysozomy mají v buňce funkci kontejnerů na tříděný odpad. Rozebírají bílkoviny a jiné molekuly na jednotlivé stavební prvky, které se pak dají znovu upotřebit. Důvodem, proč vám v hamburgeru zvadne salát, je teplo z hovězího masa, které poruší membránu lysozomu v jeho buňkách. Tím se aktivují enzymy, které salát ničí. Součástí ostatních organel je drsné endoplazmatické retikulum, které funguje jako buněčná kancelář DHL. Drsné endoplazmatické retikulum, poseté ribozomy na základě RNA přicházející z jadra, vyrábí bílkoviny pro odeslání do zahraničí, tedy s určením mimo buňku. Další organelou je Golgiho aparát, který má funkci balicího centra. Má schopnost bílkoviny modifikovat, opatřit je například cukerným povrchem, který absorbuje vodu. Tyto proteiny mohou být určeny k obalení krevních buněk, které jsou pak díky nim kluzké a snadněji se pohybují.⁹

Spíše než samostatným organismem je ve skutečnosti eukaryotická buňka kolonií organismů, z nichž každý již dávno ztratil schopnost samostatného přežití. Richard Dawkins řekl: „V první polovině celého geologického času byli našimi předky bakterie. Stále tvoří většinu organismů na Zemi a kolonií bakterií je v podstatě i každá z bilionů buněk v našem těle.“ A k tomu všemu došlo pouhou náhodou. „Mitochondrie, jež poprvé vstoupila do jiné buňky, neuvažovala o budoucích přínosech takové spolupráce a integrace,“ tvrdí Stephen Jay Gould. „Byla motivována výhradně snahou přežít v tvrdém Darwinovském světě.“¹⁰

Organely jsou podřízeny buněčnému jádru. V něm je obsažena DNA, a z jádra se tak řídí veškerá aktivita buňky. V roce 1833 rozpoznal jádro jako běžnou součást všech komplexních buněk anglický botanik Robert Brown.¹¹ Jádro obalené dvojitou membránou připomíná hrad obehnaný hradbami uvnitř opevněného města, tedy ohraničené buňky. Membrána řídí vstup molekul do jádra a průchod bílkovin vzniklých expresí DNA z jádra ven.

Přítomnost jádra spolu s množstvím organel je jednou z definujících charakteristik eukaryot. Prokaryota nemají jádro ani organely. Již samotný termín *prokaryota* znamená „před jádrem“, zatímco výraz *eukaryota* znamená „skutečné jádro“. Přítomnost jádra ve složité eukaryotické buňce je velmi pravděpodobně nutností, drahocennou DNA je totiž třeba chránit před divokými procesy probíhajícími v každém jejím koutku.¹²

Kromě jádra a velkého množství organel se eukaryota liší od prokaryot tím, že mají cytoskelet. Celá buňka je protkána systémem dlouhých vláken proteinů, zejména tubulinu. Tyto mikrotubuly vyztužují měkký obal buňky, která díky tomu drží svůj tvar. Dále připevňují organely k membráně. Tím je zajištěno, že jsou organely všech eukaryot uspořádány podobným způsobem, paralelně s podobným uspořádáním vnitřních orgánů u všech lidí. Kromě zajištění podpůrného systému vláken působí mikrotubuly i jako interní železniční síť, díky které lze rychle transportovat materiál po buňce.

Síť vláken funguje tak, že roste na jednom konci, zatímco se rozpadá na druhém, je tak paradoxně *spíše transportním pásem než samotným vlakem, který by zajišťoval hybnou sílu*. Nově vyrobené proteiny, zabalené ve váčcích, neboli vezikulech, jednoduše naskočí na blízký mikrotubulus, odkud jsou okamžitě transportovány ke vzdálenému místu určení v buňce.

Buněčná železniční síť umožňuje eukaryotům překonat jednu z největších překážek, které brání v růstu prokaryotům: pohyb materiálu po buňce. Eukaryota nemusí čekat, až se bílkovinám podaří pomalu samovolně proplout cytoplazmou, díky své rychlé tranzitní síti mohou jejich pohyb urychlit.

Ačkoli však mají eukaryota oproti prokaryotům obrovské výhody, i ona jsou limitována. Řízení organel je složité. Pokud by jich buňka obsahovala více než několik tisíc, taková organizace by byla nad schopnosti jejího jádra. Eukaryota, stejně jako prokaryota, končí ve slepé biologické uličce. Cesta ke vzrůstající složitosti vede jiným směrem – spočívá ve spolupráci nebývalého rozsahu.

Mnohobuněčné organismy

Eukaryota již od okamžiku svého vzniku zcela jistě hledala stále důmyslnější způsoby vzájemné spolupráce. Ten klíčový okamžik nastal přibližně před 800 miliony let. Už jednou příroda spojila symbiotická prokaryota v kolonie, čímž vznikla eukaryota. Teď tedy stejný trik zopakovala. Vytvořila kolonie symbiotických eukaryot, a tak došlo ke vzniku mnohobuněčných organismů.

Skutečnost, že život na Zemi probíhal celé 3 miliardy let v jednobuněčné fázi, než udělal krok k mnohobuněčným organismům, vypovídá o tom, že nešlo o krok snadný. Nepřímo tím naznačuje vyhlídky na objev mimozemského života. Navzdory padesátiletému výzkumu astronomové neobjevili nikde v naší galaxii ani náznak mimozemské inteligence. Jednou z možností je, že život je v Mléčné dráze běžný, avšak pouze ve formě jednobuněčných mikroorganismů.