



Marcus Chown

Nekonečno v dlani

Padesát divů našeho
neobyčejného vesmíru

≡ KNIHA ZLIN



Nekonečno v dlani

Vyšlo také v tištěné verzi

Objednat můžete na
www.knihazlin.cz
www.albatrosmedia.cz

 KNIHA ZLIN

Marcus Chown
Nekonečno v dlani – e-kniha
Copyright © Albatros Media a. s., 2019

Všechna práva vyhrazena.
Žádná část této publikace nesmí být rozšiřována
bez písemného souhlasu majitelů práv.


ALBATROS MEDIA

tema

Marcus Chown

Nekonečno v dlani

Padesát divů našeho
neobyčejného vesmíru

V překladu Markéty Jansové

≡ KNIHA ZLIN

Allison, Colinovi, Rosie, Timovi a Ornelle
věnuje s láskou Marcus

Obsah

Předmluva | 13

Část první | Biologie

1. Společná nit | 19

Z jedné třetiny houba

2. Chyt mě, když to dokážeš | 23

Některé hlenky mají třináct pohlaví

3. Fígl s kyslíkem | 26

Miminka na raketový pohon

4. Partnerská krize po sedmi letech | 32

Jen dnes vaše tělo vytvoří přibližně 300 miliard buněk

5. Život s vetřelci | 35

Rodíme se jako stoprocentní lidé, umíráme z padesáti procent jako zcela jiný druh

6. Postradatelný mozek | 38

Mládě sumky putuje oceánem a hledá vhodný povrch, k němuž by přisedlo. Když takovou skálu najde, svůj mozek už nepotřebuje... a tak ho sní

Část druhá | Lidská evoluce

7. Interakce, interakce, interakce | 45

Podoba pěstního klínu z pazourku se po dobu 1,4 milionu let nijak nezměnila

8. Babičky jako evoluční výhoda | 48

Menopauzu znají jen tři živočišné druhy

9. Ztracený kmen | 52

Zásadní výhodou, která lidem na rozdíl od neandrtalců zajistila přežití, bylo... umění šít

10. Zmeškaná příležitost | 55

Neexistuje ani jedna fotografie prvního muže na Měsíci

Část třetí | Země

11. Abeceda přírody | 63

Každý náš nádech obsahuje atom, který vydechla Marilyn Monroe

12. Skály jsou jako houby | 66

Když přichází příliv, voda ve studních klesá

13. Drtivý dopad | 69

Dinosaurům, které smetl z povrchu zemského asteroid, se dostalo varování necelých deset vteřin před katastrofou

14. Tajemství slunečního svitu | 73

Navzdory všeobecnému přesvědčení Zemi energetická krize nehrozí

Část čtvrtá | Sluneční soustava

15. V množství je síla | 81

Kdyby bylo Slunce z banánů, nebyl by v tom žádný rozdíl

16. Vražedné Slunce | 85

Lidé na Zemi byli před časem zasaženi elektrickým proudem ze sluneční erupce

17. Světlo dávných dnů | 90

Dnešní sluneční svit je přibližně 30 000 let starý

18. Stručná historie padání | 93

I když to tak nevypadá, Měsíc se neustále řítí směrem k Zemi

19. Planeta, která pronásledovala Zemi | 97

I Země kdysi mívala svůj prstenec

20. Zmáčkni mě, prosím | 101

Tělesem, které ve Sluneční soustavě produkuje nejvíce tepla na jednotku objemu, není Slunce

21. Kouzlo šesti | 105

Na severním pólu Saturnu se nachází hurikán dvakrát větší než Země a má tvar šestiúhelníku

22. Mapa neviditelného | 108

Planeta Uran byla původně pojmenována... George

23. Pán prstenců | 111

Galileo se domníval, že Saturn je planeta... s ušima

24. Měsíční hvězdná brána | 116

Na jednom ze Saturnových měsíců je pohoří dvakrát vyšší než Everest, jež vzniklo... za jediné odpoledne

Část pátá | Základní stavební kameny

25. Nekonečno v dlani | 125

Celé lidstvo by se vešlo do jediné kostky cukru

26. Výhody jednopodlažního bydlení | 130

V horním patře budovy stárneme rychleji než v přízemí

27. Ohromná komáří exploze | 135

V každém z nás působí nepředstavitelně mocná síla – jenže ji necítíme

28. Ostrůvky v moři nepoznatelného | 139

Většinu věcí počítače spočítat nedokáží

29. Trable s dvojí tváří atomů | 144

Atom může být na dvou místech současně – jako byste byli zároveň v Londýně i v New Yorku

30. Kouzelná kapalina | 150

Existuje kapalina, která nikdy nezmrzne (a umí téct do kopce!)

31. Zacel mé zlomené srdce | 154

V budoucnu by mohl čas plynout pozpátku

32. Kdo si tohle objednal? | 158

Příroda vytvořila své základní stavební kameny v trojím provedení

33. Co dokáže kousek struny | 162

Vesmír má možná nejméně deset dimenzí

34. Přítomnost neexistuje | 165

Z našeho základního popisu reality vyplývá, že nic jako společná minulost, přítomnost a budoucnost prostě neexistuje

35. Jak sestavit stroj času | 168

Fyzikální zákony cestování časem nevylučují

Část šestá | Mimoszemský život

36. Mořské světy | 177

Pod ledovým příkrovem Jupiterova měsíce Europa se nachází největší oceán Sluneční soustavy

37. Mimoszemské smetí | 182

Jsou-li ve vesmíru mimoszemšťané, jejich odpad musí být zde, na Zemi

38. Meziplanetární černí pasažéři | 186

Chcete vidět Martana? Podívejte se do zrcadla

39. Hvězdný prach byl učiněn tělem | 190

Byli jsme doslova stvořeni na nebesích

40. Křehká modrá tečka | 194

Nejúžasnější fotografie Země, která kdy byla pořízena, má pouhý jeden pixel

Část sedmá | Vesmír

41. Den, kdy nebylo žádné včera | 201

Vesmír neexistuje odjakživa – zrodil se

42. Vesmír duchů | 206

Vesmír, který vidíme v našich dalekohledech, tam ve skutečnosti není

43. Srdce temnoty | 209

97,5 procent vesmíru je neviditelných

44. Odlesk stvoření | 212

99,9 procent fotonů ve vesmíru nepochází z hvězd či galaxií, jsou zbytkovým teplem z velkého třesku

45. Vládci vesmíru | 216

Jako ohromný pavouk číhá uprostřed každé galaxie obří černá díra – a nikdo neví proč

46. Gravitace naruby | 222

Všichni se domnívají, že gravitace přitahuje, ona však ve většině vesmíru odpuzuje

47. Hlas vesmíru | 226

Splynutí dvou černých děr, o němž jsme se dozvěděli 14. září 2015 detekcí gravitačních vln, vychrlilo padesátkrát více energie než veškeré hvězdy ve vesmíru dohromady

48. Kapesní vesmír | 230

Informace o 64 milionech vesmírů se vejdou na flash disk s kapacitou 8 GB

49. Holografický vesmír | 233

Věřte, nevěřte, je klidně možné, že žijeme v obřím hologramu

50. Vesmír hned vedle | 238

Někde ve vesmíru si nekonečný počet vašich kopií čte nekonečný počet kopií této knihy

Poděkování | 245

Poznámka překladatelky | 247

Poznámky | 249

Použité fotografie | 261

Rejstřík | **263**

Předmluva

„Nic není tak neuvěřitelné, aby to nemohla být pravda.“

Michael Faraday

Představíte-li na večírku baviče coby baviče, může se cítit povinen utrousit nějaký ten vtípek. Stejně tak vědec může mít na večírku pocit, že by se měl vytasit s nějakým ohromujícím vědeckým faktem. Alespoň já ten pocit mívám. Občas.

Co bych tak měl říct? Něco krátkého, co má říz. Něco, co vyvolá úsměv a zaujetí, nikoli skelný pohled, nechtěně prozrazující, že jsem nudný patron.

Zkouším si to na své ženě, která se vědou nikdy nezabývala. Často právě tehdy, když zrovna sleduje televizi: „Věděla jsi, že elektron po rotaci o tři sta šedesát stupňů už není tím samým elektronem?“

„Hm,“ odvětlí, aniž by odtrhla oči od obrazovky.

„A co tohle: celé lidstvo by se vešlo do jediné kostky cukru?“

„Jo, to by šlo. *A necháš mě teď už dívat se na televizi?*“

Má žena je pro mne v tomto ohledu důležitým pokusným králíkem.

Tyto krátké hlášky na upoutání pozornosti však najdou uplatnění ještě jinde: na přednáškách pro veřejnost.

Řadu z nich využívám během autorských turné při propagaci některé ze svých knih. Je však nemožné představit celou knihu v pouhých pětáctyřiceti minutách. Proto z ní vyberu

vždy jen několik pozoruhodných skutečností, které mají za úkol nejen diváky zaujmout, ale také nabídnout vhled do určité vědecké problematiky, kterou v knize rozebírám.

Začalo to mou knihou *Jaký to nádherný svět: Pokus jedince porozumět všemu*, která měla být úplně o všem – což je pocho-pitelně nemožné. Psal jsem v ní nicméně o všem možném: od peněz přes termodynamiku, hologramy nebo lidskou evoluci až po pohlavní rozmnožování či hledání mimozemské inteligence. Co z toho bych měl do svých přednášek zařadit, přemítal jsem, a co vynechat? A právě tehdy mě napadlo sestavit „Žebříček deseti nejvíce šokujících faktů o našem světě“.

Nejlepší na tom bylo, že jsem jej mohl obměňovat. Pokud se zdálo, že některá z bláznivých skutečností publikum nudí, příště jsem ji vynechal a zařadil jinou, u níž jsem doufal ve větší úspěch. Představuji si, že podobně jistě postupuje stand-up komik: pokud vtip během jednoho večera nefunguje, vyřadí jej a v dalším vystoupení nahradí jiným.

Kouzlo tohoto formátu spočívá v tom, že jej lze aplikovat i na další témata. Vyvinul jsem aplikaci *Solar System pro iPad* a později vydal knihu nazvanou *Solar System*. Při její propagaci jsem pracoval s žebříčkem „Deseti nejvíce šokujících faktů o Sluneční soustavě.“

Tím se konečně dostávám k této knize. Napadlo mě: co takhle sestavit sbírku nejúžasnějších vědeckých zjištění, na něž jsem za roky své práce narazil – těch, o kterých jsem již psal ve svých knihách a článcích, i těch, jež jsem dosud nikde nezmnínil –, a pokusit se jejich prostřednictvím přiblížit některé fascinující a často velmi komplikované vědecké teorie?

Tak například skutečnost, že pokud byste ze všech lidí na světě vymáčkli veškerý prázdný prostor, lidstvo by se vešlo do jediné kostky cukru, nádherně ilustruje ohromující prázdnotu hmoty. Vy, já, my všichni... jsme v podstatě přízraky. To nás

ovšem přivádí ke kvantové teorii, nejméně úspěšnější, ale také nejpodivnější fyzikální teorii, která skutečnost, proč jsou atomy převážně prázdné, vysvětluje. Kdyby bylo Slunce poskládané z banánů, hrálo by naprosto stejně. To poukazuje na pozoruhodný fakt, že teplota Slunce vůbec nesouvisí se zdrojem jeho energie. A skutečnost, že viditelná jsou pouze 2,5 procenta našeho vesmíru, vede k zajímavému – a také poněkud zahanbujícímu – zjištění, že vše, co vědci v posledních 350 letech prozkoumali, je jen nepatrným zlomkem vesmíru. A ještě horší je, že nemáme tušení, co vlastně jeho zbylou většinu tvoří.

Před lety jsem dělal rozhovor s planetologem a popularizátorem vědy Carlem Saganem. Bylo to v hotelu Dorchester v Londýně (pamatuji si, že z jeho apartmá byl nádherný výhled na Hyde Park a jezero Serpentine). Po populárně naučných dílech, jakým byla například publikace *The Cosmic Connection*, napsal Sagan i svůj první vědeckofantastický román s názvem *Kontakt*, který se později dočkal filmového zpracování s Jodií Fosterovou v hlavní roli. Zeptal jsem se ho, jaké literatuře dává přednost: vědecké, nebo vědeckofantastické? Odpověděl bez sebemenšího zaváhání: „Raději píšu o vědě. Je totiž mnohem podivuhodnější než jakákoli sci-fi.“ A měl pravdu. Žijeme v mnohem neobvyklejším vesmíru, než jaký bychom si vůbec dokázali vymyslet. Doufám, že se mi na následujících stránkách podaří vám část oné podivuhodnosti vesmíru a mého úžasu nad ní odhalit.

Psát tuto knihu mě nesmírně bavilo. Zároveň doufám, že vás bude bavit i číst. Věřím, že když už nic jiného, vyzbrojí vás několika úžasnými fakty o vesmíru, kterými uděláte patřičný dojem na večírku.

Marcus Chown, Londýn 2018

Část první

Biologie

1

Společná nit

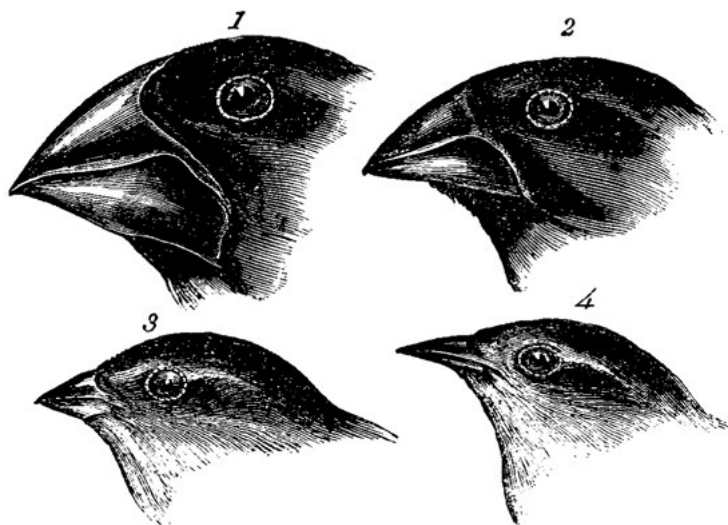
Z jedné třetiny houba

„Jaký jsem byl hlupák, že mě to nenapadlo.“

Výrok Thomase Huxleyho, když se doslechl o Darwinově teorii evoluce
přirozeným výběrem

Jsmo z jedné třetiny houba. Vážně. Vy, já, zkrátka my všichni sdílíme třetinu naší DNA s houbami (jako by můj seznam těch, komu posílám vánoční přání, nebyl už tak dost dlouhý!). To je pádný důkaz, že lidé mají s houbami – a vlastně veškerými tvory, kteří se dnes na zemi vyskytují – společného předka. Jako první to pochopil anglický přírodovědec Charles Darwin.

V roce 1831 dostal v pouhých dvaadvaceti letech nabídku zúčastnit se jako badatel plavby lodí Královského námořnictva *HMS Beagle*. Během pětileté výpravy pak učinil celou řadu pozoruhodných zoologických postřehů. Všiml si například, že ptáci a zvířata na odlehlých Galapágách, ostrovech nacházejících se 1 000 kilometrů západně od pobřeží Jižní Ameriky, se zdají být příbuznými malé skupiny ptáků a zvířat z pevniny. Navíc se zástupci fauny žijící na jednotlivých ostrovech Galapážského souostroví mírně lišili i mezi sebou. Nejznámější je poznatek, že pěnkavy z ostrovů s výskytem větších ořechů měly kratší a silnější zobáky než pěnkavy z ostatních ostrovů.



Dokonale uzpůsobené nástroje: Darwinovy kresby ukazují, jak se zobáky galapážských pěnkav díky přirozenému výběru staly ideálním nástrojem pro rozlousknutí právě těch druhů ořechů, které se na daném ostrově nacházely.

Po osmnácti měsících usilovného přemítání se Darwinovi rozsvítilo. Uvědomil si, proč jsou zvířata tak dokonale uzpůsobena svému životnímu prostředí. Nebylo to proto, jak tehdy věřila většina lidí, že tak byla „navržena“ Stvořitelem. Existoval naprosto přirozený mechanismus, který tuto „iluzi designu“ navodil.

Darwin si uvědomil, že většina tvorů produkuje mnohem více potomků, než kolik se jich může z dostupné potravy uživit, a většina z nich je tedy odsouzena k smrti vyhladověním. V tomto boji o přežití vítězili jedinci, kteří byli nejlépe uzpůsobeni k využívání zdrojů ve svém prostředí, zatímco ti nejhůře uzpůsobení hynuli. Ztráty byly ohromné. Ovšem během toho-

to procesu evoluce na základě přirozeného výběru se živočišné postupy měnily a každá nová generace tak byla přizpůsobena okolním podmínkám o něco lépe než ta předchozí.

Darwin usoudil, že když se Galapágy, souostroví sopečného původu, před miliony let vynořily z moře, na ostrovy se z jihoamerického kontinentu dostala hrstka živočichů – ptáci přiletěli, další sem byli při bouřích zahnáni na kobercích z vegetace. Našli tu téměř neobydlený svět, a tak se rozšířili a obsadili veškeré volné ekologické niky. Darwinovy pěnkavy žijící izolovaně na jednotlivých ostrovech byly vystaveny krutému selekčnímu tlaku: ty, které se nedokázaly dostatečně přizpůsobit, nemilosrdně vyhynuly; ty nejlépe uzpůsobené přežily. V případě ostrova s výskytem velkých ořechů nevyhnutelně přežily pouze pěnkavy s krátkými a tlustými zobáky, jimiž tyto ořechy dokázaly hravě rozlousknout.

Darwinova odvaha spočívala v tom, že se svou teorií evoluce přirozeným výběrem vystoupil, aniž znal odpověď na dvě zásadní otázky: zaprvé, jakým způsobem se vlastnosti přenášejí z generace na generaci, respektive dědí; a zadruhé, co způsobuje různorodost potomstva, tedy dostatek materiálu pro samotnou realizaci přirozeného výběru. Dnes už víme, že tyto dva aspekty spolu úzce souvisejí. Program pro vznik každého organismu je uložen ve velké biologické molekule zvané deoxyribonukleová kyselina neboli DNA, která se nachází v každé buňce.^{1, 2} A právě mutace, k nimž při přepisování DNA během rozmnožování buněk často dochází, dávají vzniknout řadě nových a rozmanitých vlastností u potomků. „Schopnost mírně chybovat je tím skutečným zázrakem DNA,“ prohlásil americký biolog Lewis Thomas. „Bez této zvláštní schopnosti bychom stále byli anaerobními bakteriemi a bylo by po legraci.“

Podle Darwina se veškeré současné organismy na Zemi vyvinuly přirozeným výběrem z jednoduchého společného prapředka.

A to je právě ten důvod, proč se třetina naší DNA shoduje s DNA hub. Následující sekvence DNA je totiž přítomna v každé buňce každého tvora na Zemi, včetně každé ze sta bilionů buněk vašeho těla: GTGCCAGCAGCCGCGGTAATTCAGCTCCATATAGCGTATATTAAAGTTGCTGCAGTAAAAAG.³ Existuje snad pádnější důkaz, že všechny organismy jsou navzájem příbuzné a že se vyvinuly ze společného předka, přesně jak tvrdil Darwin? Řečeno slovy Thomase Huxleyho: „Veškerá současná DNA, jejíž řetězec se vine všemi buňkami na Zemi, je zkrátka jen rozšířenou a vylepšenou původní molekulou.“⁴

Darwin si byl vědom toho, že proces evoluce na základě přirozeného výběru musel být nesmírně pomalý, že muselo trvat desítky milionů, ne-li miliard let, než vznikl na Zemi dnešní život ve své rozmanitosti. První nesmělé důkazy o existenci života na naší planetě pocházejí z doby přibližně před 3,8 miliardy let. Lze se domnívat, že první buňka – přezdívaná „poslední univerzální společný předek“ (*last universal common ancestor, LUCA*) – vznikla zhruba před 4 miliardami let, tedy pouze půl miliardy let po zrodu Země. Jak přesně k tomu došlo a díky čemu byl učiněn rozhodující krok od neživého k živému, to zatím zůstává jednou z hlavních nezodpovězených otázek vědy.

2

Chyt' mě, když to dokážeš

Některé hlenky mají třináct pohlaví

„Můj sexuální život, to je jízda. Můj přítel totiž bydlí přes šedesát kilometrů daleko.“

Phyllis Dillerová

Některé hlenky mají třináct různých pohlaví (a to jste si mysleli, kdovíjaké potíže máte s nalezením a udržením toho pravého partnera *vy!*). Na rozdíl od lidských spermií a vajíček, jež se od sebe výrazně liší svou velikostí, jsou pohlavní buňky hlenek stejně velké. O pohlaví buněk místo toho rozhodují geny označované jako MatA, MatB a MatC, které se vyskytují v různých variantách. Ve skutečnosti je tolik možností, že jejich buňky mohou mít teoreticky více než 500 různých pohlaví. K reprodukci si musí hlenka jednoduše najít partnera s odlišnými variantami svých tří genů.⁵

Nikdo netuší, proč mají některé hlenky pohlaví třináct, jiné přes pět set. Ale stejně tak nemáme ponětí, proč mají lidé pohlaví jen dvě. Ostatně neznáme ani důvod, proč se lidé vůbec rozmnožují pohlavně.

Ve hře zvané evoluce jde především o to předat své geny další generaci.⁶ Ne pouze některé z nich, ale všechny. Nejrozumnějším řešením by proto bylo naklonovat se: tím si zajistíte přenos 100 procent vašich genů na potomstvo. Ostatně právě

takové nepohlavní rozmnožování praktikuje většina tvorů na Zemi. Organismy, které se rozmnožují pohlavně, však předávají potomstvu jen 50 procent svých genů. K dosažení stejného výsledku jako organismy rozmnožující se nepohlavně tedy musí jednak zplodit dvojnásobek potomků, ale ještě musí vynaložit další energii na nalezení vhodného partnera. Pohlavní rozmnožování tak, zdá se, nedává vůbec žádný smysl.

Existuje celá řada teorií, proč se rozmnožujeme pohlavně, ale až donedávna žádná z nich nepůsobila příliš přesvědčivě. Jedna z nich však v posledních letech získává stále větší uznání – a kupodivu v ní figurují parazité.

Na celém světě jsou bohužel více než dvě miliardy lidí infikovány některým z parazitů, od střevních červů až po parazity způsobující malárii. Tito parazité jsou většinou malí a velmi rychle se množí. To znamená, že jich během života hostitele vznikne mnoho generací. Proto se mu dokážou rychle přizpůsobovat a efektivně využívat jeho zdroje. Vše pochopitelně probíhá na úkor hostitele, který je řáděním parazitů v těle oslaben a zanesení organismu parazity může dokonce skončit i smrtí.

Abychom pochopili, jak souvisí pohlavní rozmnožování s parazity, představme si DNA konkrétního organismu jako balíček karet. Dojde-li k naklonování organismu, potomek podědí celý balíček karet, nanejvýš se jedna nebo dvě karty mohou v důsledku náhodných mutací mírně lišit. Při pohlavním rozmnožování však potomek zdědí jen polovinu karet z balíčku jednoho rodiče a ty se promíchají s polovinou karet z balíčku druhého rodiče. Liší se tedy nejen od obou svých rodičů, ale je zcela jedinečný. Novému organismu nejsou parazité rodičů uzpůsobeni a umírají.

S myšlenkou, že pohlavní rozmnožování má za úkol neustále komplikovat život parazitům, přišel americký biolog Leigh Van Valen v roce 1973.⁷ Dospěl k závěru, že ačkoli mají

parazitě schopnost se velmi rychle měnit, hostitelé se přizpůsobují ještě rychleji a neustálé útoky parazitů díky tomu přetrvávají.

V knize *Alenka za zrcadlem* z roku 1871, pokračování *Alenčinych dobrodružství v říši divů*, popisuje Lewis Carroll, jak Alenka běží vedle Královny a nechápe, proč zůstávají stále na místě.

„To v naší zemi,“ Alenka se stále ještě zajímala, „když se běží tak dlouho, jak my jsme běžely, obyčejně se dojde někam jinam.“

„To je mi nějaká loudavá země!“ řekla Královna. „Jak vidíš, tady musíš běžet ze všech sil, abys setrvala na jednom místě.“

Van Valenovo vysvětlení pohlavního rozmnožování jako závodu s parazity je proto také nazýváno „hypotézou Červené královny“. V roce 2011 proběhl experiment, který tuto hypotézu významně podpořil.⁸ Američtí biologové vytvořili pomocí genetické manipulace dvě odlišné populace jistého druhu hlístice, háďátka obecného (*Caenorhabditis elegans*): jedna z nich se rozmnožovala nepohlavně, oplodněním vlastních vajíček, zatímco ta druhá pohlavní cestou, pářením samčích a samičích jedinců.⁹ Vědci poté obě skupiny infikovali patogenní bakterií *Serratia marcescens*. Zatímco nepohlavně se rozmnožující populaci háďátek tato bakterie rychle vyhubila, druhou skupinu nikoli. Pohlavně se rozmnožujícím háďátkům se totiž podařilo v evolučním závodě parazitující soupeře předběhnout – neustále běžela rychleji. Možná to není zrovna nejromantičtější vysvětlení, ale zdá se, že důvodem, proč se zamilováváme a žijeme pohlavním životem, je ve skutečnosti jen obrana proti parazitům.

3

Fígl s kyslíkem

Miminka na raketový pohon

„V každém z nás neustále probíhá proces spalování, podobně jako u hořící svíčky.“

Michael Faraday¹⁰

V postýlce se zavrtí nemluvně. Raketa vystřelí v oblaku kouře a plamenů vzhůru k nebesům. Nejspíš se domníváte, že tyto dvě skutečnosti spolu příliš nesouvisejí. Jste však na omylu. V obou případech je zdrojem energie stejná chemická reakce. Nejen rakety, ale i miminka jsou poháněna raketovým palivem.

Až tak překvapivé, jak by se mohlo zdát, to ve skutečnosti není. Dostat těžkou raketu na oběžnou dráhu vyžaduje jako efektivní zdroj energie to nejúčinnější palivo. Život na Zemi má za sebou téměř čtyři miliardy let experimentování metodou pokus-omyl. Bylo by přinejmenším podivné, kdyby za tu dobu při hledání zdroje energie pro biologické procesy nenarazil na ten nejúčinnější.

Tímto zdrojem je chemická reakce mezi vodíkem a kyslíkem, běžněji známá jako *hoření*. Všichni živočichové získávají vodík z potravy a kyslík ze vzduchu. Raketám dodává tekutý vodík a tekutý kyslík člověk. Podívejme se blíže na to, jak tato reakce probíhá a odkud se bere tak ohromné množství energie.

Atomy vodíku a kyslíku, stejně jako všechny ostatní atomy, se skládají z malého jádra a ještě menších elektronů. Elektron-y obíhají kolem jádra, lapené jeho mocnou elektrickou silou, podobně jako planety kolem Slunce pod vlivem gravitace.

Ve fyzice platí, že objekty mají obecně tendenci minimalizovat svou *potenciální energii*, tedy využít ji k něčemu užitečnému – neboli, řečeno fyzikální terminologií, ke „konání práce“. Například míč na vrcholu kopce má vysokou gravitační potenciální energii. Naskytne-li se příležitost, využije ji a skutálí se dolů, kde bude jeho gravitační potenciální energie nízká. Elektrony v atomu se snaží minimalizovat svou energii úplně stejně jako míče kutálející se ze svahu.

Při spojení dvou atomů se jejich elektrony uspořádají novým způsobem. Může-li spojením vzniknout konfigurace s nižší celkovou energií, než jakou měly oba atomy samostatně, dojde ke sloučení atomů a vznikne molekula. Celá chemie tak vlastně není o ničem jiném než o přeskupování elektronů.

Energie vzniklé molekuly je nižší než energie jednotlivých atomů, část energie tedy zbývá. Základní fyzikální zákon však praví, že energii nelze vyrobit ani zničit, pouze přeměnit na jiný druh – například energii elektrickou na energii světelnou. Přebytková energie je tedy k dispozici.

V raketovém motoru se při reakci atomů vodíku a kyslíku (konkrétně reagují dva atomy vodíku s jedním atomem kyslíku za vzniku H_2O , tedy vody) uvolní velké množství energie. Ta ohřívá vodu a ohromnou rychlostí vytlačuje vodní páru ze zadní části rakety (v konečném důsledku jsou tedy všechny rakety poháněny párou!). Jelikož každá akce vyvolá stejně velkou reakci opačného směru, tato ohromnou rychlostí vypuštěná pára žene raketu kupředu.

Nesmírné množství energie uvolněné při reakci vodíku s kyslíkem umožňuje vystřelit raketu až na samou hranici