

Univerzita Karlova

Filozofická fakulta

Ústav translatologie



Bakalářská práce

Marie Hadererová

Komentovaný překlad: DAVIES, Paul: The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Solving the Mystery of Life. Penguin Books, 2020, str. 5-26.

Annotated translation: DAVIES, Paul: The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Solving the Mystery of Life. Penguin Books, 2020, pp. 5-26.

Praha 2024

Vedoucí práce: PhDr. David Mraček, Ph.D.

Zadání

Zadaný text přeložte do češtiny a svůj překlad doprovodíte překladatelským komentářem v rozsahu min. 20 normostran. Komentář slouží k provedení překladatelské analýzy, která by měla předcházet překladu. V jejím rámci celkově charakterizujte výchozí text; uveďte, s jakým cílem a jakou funkcí byl napsán a jaké stylistické postupy autor volí k dosažení svého záměru. Dále uvažujte o nové, české komunikační situaci překladu - tato situace, byť hypotetická, bude v komentáři představena. Vysvětlíte, zda a proč jsou funkce a cíl v této nové komunikační situaci, a v závislosti na nich styl, v textu vašeho překladu stejné či pozměněné. Dále, v novém oddílu komentáře, popište, na jaké problémy jste v překladu narazila, a zdůvodněte použité překladatelské postupy a nezbytné posuny, které jste v překladu provedla na úrovni lexika, syntaxe a celkově v rovině stylistické, případně kompoziční. Postupujte přitom od celkové koncepce svého překladu k dílčím řešením. Citovaná vlastní řešení, která budete uvádět jako důkazy vámi zvolených postupů, opatřete odkazy ke stránkám překladu i originálu. Komentář opatřete na závěr bibliografickým soupisem použitých primárních i sekundárních zdrojů, včetně internetových.

Poděkování

Ráda bych poděkovala PhDr. Davidu Mračkovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady a nezměrnou trpělivost a svému příteli a rodině, že ve mně věřili.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, že jsem řádně citovala všechny použité prameny a literaturu a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne: 30.12.2024

Marie Hadererová

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je přeložit kompletní první kapitolu z knihy *The Demon in the Machine* Paula Davies. Vybraná kapitola jako slouží jako úvod k Daviesovu výzkumu o počátcích života, jeho podstatě a rozdílech mezi živou a neživou hmotou. Náplní teoretické části práce je analýza textu výchozího z hlediska vnětextových i vnitrotextových faktorů, popis překladatelské metody, typologie překladatelských posunů, a nakonec analýza překladatelských problémů a jejich řešení.

Klíčová slova

Překlad, překladatelská analýza, překladatelské posuny, překladatelské problémy, život, informace, kvantová fyzika, biologie, věda, popularizace vědy

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to translate in its entirety the first chapter of Paul Davies's book *The Demon in the Machine*. The selected chapter serves as an introduction to Davies's research on the origins of life, its nature and the difference between living and non-living matter. The theoretical part presents a commentary on the translation process and the source-text itself, including the analysis of both intra- and extratextual factors, the description of the translation method, the typology of translation shifts, and finally the analysis of translation problems and their solutions.

Key words

Translation, translation analysis, translation shifts, translation problems, life, information, quantum physics, biology, science popularization

Obsah

ÚVOD	7
1. PŘEKLAD	8
2. KOMENTÁŘ	25
2.1. PROFIL CÍLOVÉHO TEXTU	25
2.2. PŘEKLADATELSKÁ ANALÝZA VÝCHOZÍHO TEXTU	27
2.2.1. <i>Vnětextové faktory</i>	27
2.2.2. <i>Vnitrotextové faktory</i>	31
2.2.3. <i>Textové funkce a stylistické zařazení</i>	34
2.3. PŘEKLADATELSKÁ METODIKA	36
2.4. PŘEKLADATELSKÉ PROBLÉMY A JEJICH ŘEŠENÍ	37
2.4.1. <i>Syntaktická/gramatická rovina</i>	37
2.4.2. <i>Lexikální rovina</i>	41
2.4.3. <i>Pragmatická rovina</i>	43
2.4.4. <i>Další překladatelské problémy</i>	45
ZÁVĚR	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	48
PRIMÁRNÍ ZDROJE:	48
SEKUNDÁRNÍ ZDROJE:	48
<i>Lingvistika a translatologie:</i>	48
<i>Profil cílového textu:</i>	48
<i>Rešerše k překladu:</i>	49
<i>Slovníky a příručky:</i>	51
PŘÍLOHA	53

Úvod

Předmětem této bakalářské práce je překlad kompletní první kapitoly z knihy *The Demon in the Machine*, která vyšla v nakladatelství Penguin Books v roce 2020. Její autor, britský fyzik Paul Davies, se v ní pozastavuje nad otázkou toho, co odděluje neživou hmotu od živých organismů, a jakou roli v této záhadě hraje informace. Autor netvrdí, že on sám zná konkrétní odpovědi, ale spíše argumentuje, jakým směrem bychom se jako lidstvo při řešení této záhady měli ubírat. Jeho moderní přístup hod informačního věku v sobě propojuje aspekty biologie, fyziky, filozofie i informačních věd, nabízí podněty k zamyšlení a otvírá dveře dalšímu zkoumání problematiky vzniku života. Ačkoli zde autor pracuje s velice složitými koncepty z mnoha vědních oborů, mezi kterými hledá nové, netradiční souvislosti, bezpochyby se jedná o čtivě napsanou a zajímavou knihu.

Populárně naučná literatura je žánr, který je v našem prostředí zastoupen hlavně knihami z oblasti rozvoje osobnosti, zdraví a rodinných vztahů. Lidé, kteří se o vědu zajímali například během středoškolských studií, nemají tedy příliš možností, jak svou touhu po poznání ukojit mimo školní třídy. Proto myslím, že je třeba, aby se knihy typu *The Demon in the Machine* překládaly do češtiny. Důvodem, proč jsem si zvolila specificky tento titul, je, že záhada vzniku života odjakživa lidstvu nedává spát, a Davies přináší velice zajímavý nový přístup, který možná jednou pomůže k jejímu rozřešení. Autorský subjekt je zde velmi prominentní; užívá živého jazyka plného metafor a osobně čtenáře, ke kterému se často přímo obrací, provádí svými poznatky. Zároveň také své čtenáře nešetří a zabývá se poměrně dosti pokročilými vědeckými koncepty. To je důvodem, proč je při překladu nutné využívat různých překladatelských postupů a provádět důkladnou rešerši.

Pro vlastní překlad jsem si zvolila první kapitolu, kde nám autor představuje základní tezi své knihy a na reálných příkladech demonstruje, proč je podle něj opodstatněné nad problematikou života takto přemýšlet. Zároveň zde představuje základní pojmy a koncepty, na kterých pak staví zbytek svého výkladu. V příloze ji přikládám v plném znění.

Druhou část práce představuje komentář, kde budu nejprve rozebírat samotný výchozí text a následně také překladatelský proces. V této analýze identifikuji hlavní překladatelské problémy a popíšu, jak jsem si s danými problematickými pasážemi poradila, a k jakým došlo posunům.

1. Překlad

CO JE ŽIVOT?

Během února 1943 pronesl fyzik Erwin Schrödinger sérii přednášek na Trinity College v Dublinu s názvem *Co je život?* Schrödinger byl celebrita, nositel Nobelovy ceny a celý svět ho znal jako architekta kvantové mechaniky, nejúspěšnější vědecké teorie všech dob. Tato teorie jen pár let po svém zformulování ve 20. letech dokázala vysvětlit vlastnosti atomového jádra, radioaktivitu, chování subatomárních částic, chemické vazby, termální a elektrické vlastnosti pevných látek i stabilitu hvězd.

Schrödingerův první přínos kvantové mechanice je z roku 1926. Jedná se o rovnici, která dodnes nese jeho jméno a popisuje, jak se chovají a jak interagují elektrony a další subatomární částice. Následujících zhruba deset let bylo zlatým věkem fyziky. Nové poznatky přicházely ze všech stran, od objevu antihmoty a rozpínání vesmíru po předpovězení neutrina a černých děr, a to z velké části díky schopnosti kvantové mechaniky popsat fungování atomárního a subatomárního světa. Tyto opojné časy však náhle skončily, když byl svět v roce 1939 vržen do války. Mnoho vědců prchlo z nacistického Německa do Velké Británie a Ameriky, aby pomohli válečnému úsilí na straně Spojenců. K exodu se přidal i Schrödinger. Rodné Rakousko opustil po nacistickém převratu v roce 1938, ale našel nový domov v neutrálním Irsku. Irský prezident Éamon de Valera, sám také fyzik, založil v roce 1940 v Dublinu nový Institut pro pokročilá studia. Byl to právě de Valera, kdo Schrödingera pozval do Irska. Ten tam žil spolu se svou manželkou i milenkou pod jednou střechou celých šestnáct let.

Ve 40. letech biologie znatelně zaostávala za fyzikou. Podrobnosti o životě a jeho základních procesech stále zůstávaly záhadou. Kromě toho povaha života zdánlivě popírala jeden ze základních fyzikálních zákonů – takzvaný druhý zákon termodynamiky – podle něj vesmír tíhne směrem k degradaci a chaosu. Ve svých dublinských přednáškách Schrödinger představil problém tak, jak ho viděl: „Jak mohou být události v prostoru a čase, které se odehrávají na prostoru vymezeném živým organismem, vysvětleny pomocí chemie a fyziky?“ Jinými slovy, může být vysvětlení jen stěží pochopitelných vlastností živých organismů ve výsledku zredukováno na atomovou fyziku, nebo je za tím něco víc? Schrödinger poukázal na klíčový problém. Aby život dokázal vytvářet z chaosu pořádek a ohýbat druhý zákon termodynamiky, musela by existovat jakási molekula, která má v sobě zakódované instrukce na výstavbu organismu. Tato molekula musí být natolik komplexní, aby se do ní vešlo velké kvantum informací, ale zároveň dostatečně stabilní, aby odolala rozkladným účinkům termodynamiky. My dnes víme, že touto molekulou je DNA.

Bezprostředně poté, co Schrödinger přišel se svými pronikavými poznatky, jež byly rok nato v knižní formě publikovány, zažila molekulární biologie explozivní rozmach. Objasnění

struktury DNA, rozluštění genetického kódu a propojení genetiky s evoluční teorií na sebe nenechalo dlouho čekat. Úspěchy molekulární biologie byly tak rychlé a přesvědčivé, že většina vědců zaujala silně redukcionistický postoj: opravdu to vypadalo, že úžasné vlastnosti živé hmoty mohou nakonec být vysvětleny jen za pomoci atomární a molekulové fyziky, bez nutnosti přijít s něčím od základu novým. Schrödinger sám byl ale mnohem méně optimistický. Napsal: „...živá hmota, i když podléhá ‚fyzikálním zákonům‘ tak, jak je známe dnes, se pravděpodobně také řídí ‚jinými fyzikálními zákony‘, které nám jsou zatím neznámé...“¹ A nebyl v tom sám. I další architekti kvantové mechaniky, jako Niels Bohr a Werner Heisenberg, byli názoru, že živou hmotu budeme nejspíš muset zkoumat pomocí nového druhu fyziky.

Silný redukcionismus je v biologii stále poměrně běžný. Přetrvává ortodoxní postoj, že vše, co dnes víme o fyzice, bohatě stačí, abychom život vysvětlili, i když většinu detailů ještě nemáme zcela domyšlenou. S tím já ale nesouhlasím. Stejně jako Schrödinger jsem přesvědčen, že se živé organismy řídí zcela novými fyzikálními principy a my jsme téměř připraveni tyto principy odhalit a začít využívat. Co je ale tentokrát jinak a co je důvodem, proč nám trvá rozklíčování pravého tajemství života již tolik let? Onen nový druh fyziky nespočívá jen v objevení nového typu síly – „životní síly“ – ale něčeho mnohem rafinovanějšího... Něčeho, co v sobě propojuje hmotu a informace, celek a části, jednoduchost a komplexitu. Tím „něčím“ se v této knize budeme primárně zabývat.

Okénko č. 1: Zamčená kouzelná schránka

Když se zamyslíte nad otázkou „Co je život?“, hned se o vaši pozornost začnou přetahovat různé definice. Živé organismy se množí, nabírají díky evoluci nekonečné množství nových forem. Přicházejí s naprosto novými systémy a strukturami tím, že se pohybují po nepředvídatelných trajektoriích pravděpodobnostním prostorem. Díky sofistikovaným algoritmům vypočítávají strategie pro přežití. Vytvářejí pořádek z chaosu. Jdou proti kosmickému přílivu rozkladu a degenerace. Mají jasné cíle a využívají rozmanitých zdrojů energie, aby jich dosáhly. Vytvářejí nesmírně komplexní sítě. Spolupracují. Soupeří. A tím tento seznam nekončí. Abychom mohli zodpovědět Schrödingerovu otázku, musíme vzít v potaz všechny tyto vlastnosti, spojit všechny tečky a z celého vědeckého spektra vyextrahovat jednu ucelenou teorii. Hrdiny tohoto intelektuálního dobrodružství jsou základy logiky a matematiky, paradoxy vyvolané autoreferenčními jevy², teorie algoritmů, věda o tepelných strojích, rozrůstající se úspěchy na poli nanotechnologie, nové odvětví termodynamiky zabývající se zkoumáním systémů ve velice nerovnovážném stavu a záhadný svět kvantové fyziky. To, co je všem těmto oborům společné, je informace. Koncept, který je známý a pragmatický, ale zároveň abstraktní a matematický; tvořící základy nejen biologie, ale i fyziky.

¹ SCHRÖDINGER, Erwin, 1944. *What is Life?* Cambridge: Cambridge University Press, s. 23.

² Přímý nebo nepřímý odkaz k sobě samému, pozn. překl.

Charles Darwin je autorem tohoto slavného výroku: „Je zajímavé uvažovat o zarostlé výspě, pokryté mnoha rostlinami četných druhů, kde ptáci prozpěvují na keřích, kde poletuje různý hmyz a červi provrtávají vlhkou půdu, a o tom, že tyto důmyslně utvářené formy, tak od sebe odlišné a tak složitě závislé jedna na druhé, byly všechny utvářeny zákony, činnými kolem nás.“³ Darwin však nemohl ani tušit, že je tato očividná komplexita hmoty („hardware života“) protkaná ještě více dechberoucí komplexitou informací („software života“), která je našim očím sice skryta, ale je vedoucí silou při procesu adaptace i vzniku nových organismů. Právě zde, ve sféře informací, se setkáme s největší tvořivou silou, jíž život vládne. Nyní se vědci snaží svět „softwaru“ a „hardwaru“ propojit do jedné všezahrnující teorie života, která bude mít obrovský dopad na vše od astrobiologie po medicínu.

SBOHEM, ŽIVOTNÍ SÍLO

V průběhu dějin se mělo za to, že živé organismy mají zvláštní schopnosti, jako například schopnost se samostatně pohybovat, měnit své okolí a rozmnožovat se. Aristoteles se snažil zachytit tuto prchavou jinakost pojmem teleologie⁴ (odvozeno řeckého *teleos* čili „účel“ nebo „cíl“). Vpozoroval, že se organismy chovají, jako by zdánlivě postupovaly podle nějakého předem vymyšleného plánu; jejich aktivita směřuje k nějakému konečnému cíli, ať už je to obstarat potravu, postavit hnízdo nebo zplodit potomky.

V době začínajících vědeckých pokroků se mělo za to, že živé organismy tvořila jakási magická hmota, nebo minimálně normální hmota napuštěná nějakou zvláštní ingrediencí. Této filozofii se říkalo vitalismus. Co ta zvláštní esence ale je, zůstávalo záhadou. Někteří hádali, že to byl vzduch (dech života), teplo, elektřina nebo něco mystického, jako duše. Ať už to bylo cokoli, domněnka, že nějaká speciální „životní síla“ nebo nějaká nadpozemská energie dávala hmotě život, byla velice rozšířená až do 19. století.

Díky novým poznatkům ve vědě, jakým byl například vynález mikroskopu, se biologové stále setkávali dalšími překvapeními, která, jak se zdá, vyžadovala nějakou životní sílu. Jedním z hlavních hlavolamů byl vývoj embrya. Koho by neohromilo, jak z jednoho oplozeného vajíčka, příliš malého, aby bylo viditelné pouhým okem, vyroste miminko? Co má na starost tento složitý proces? Jak je možné, že vše funguje tak spolehlivě, že výsledkem je něco tak úžasné propracovaného? Německého embryologa Hanse Dreische obzvláště zaujala série experimentů, kterou provedl v roce 1885. Dreisch zkoušel mrzačit embrya mořských ježků (kteří se často stávají obětí biologických pokusů), jen aby zjistil, že se nějakým způsobem zotavila a dále vyvíjela normálně. Dokonce přišel na to, že když embryo ve stádiu, kdy ho tvoří čtyři buňky, rozdělí, z každé buňky se pak vyvine celá ježovka. Na základě těchto výsledků Dreisch usoudil,

³ DARWIN, Charles, 1860. *On the Origin of the Species*. 2. vyd. Londýn: John Murray, s. 490.

⁴ „nauka o účelu vysvětlující přírodní jevy konečným cílem“ (pozn. přek., Velký lékařský slovník, Teleologie [online] <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/teleologie>)

že zárodečné buňky mají „předem jasno“, jakého tvaru mají nabrat a dokáží chytře vyvážit zásahy experimentátorů. Vypadalo to skoro jako by nějaká neviditelná entita dohlížela na jejich růst a vývoj a prováděla nápravné manévry, když to bylo nutné. Dreischovi se zdálo, že tyto fakty svědčí ve prospěch jakési životodárné esence, které říkal entelechie⁵, což v řečtině znamená „kompletní, dokonalá, finální forma“. Pojem entelechie úzce souvisí s Aristotelovým konceptem teleologie.

S životní silou to však nevypadalo dobře. Aby taková síla něčeho dosáhla, musí, tak jako všechny síly, být schopna pohybovat hmotou. A na první pohled se opravdu organismy dokáží samostatně pohybovat. Zdá se, že mají nějaký zdroj vnitřního puzení. Ale abychom mohli působit jakoukoli silou, musíme vynaložit nějakou energii. Takže jestli „životní síla“ opravdu existuje, tak bychom měli být schopni přenos energie zaznamenat. Fyzik Hermann von Helmholtz se touto problematikou zabýval už ve 40. letech 19. století. V sérii experimentů probíjel elektrinou vypreparované žabí svaly, díky čemuž sebou začaly škubat. Poté důsledně měřil nepatrné změny teploty, které pohyb provázely. Helmholtz došel k závěru, že to byla chemická energie uložená ve svalech, která se částečně přeměnila v energii mechanickou, čímž způsobila škubání, a zbytek na energii tepelnou. Co se energie týče, všechno hezky vycházelo a neexistovaly důkazy, že by se na tom musela podílet jakákoli dodatečná životní síla. Přesto však trvalo ještě několik desítek let, než se od vitalismu zcela upustilo.⁶

I když opustíme od konceptu jakési životní síly, je těžké se zbavit pocitu, že je živá hmota nějakým způsobem výjimečná. Otázkou je, čím přesně je výjimečná?

Tento zapeklitý hlavolam mi nedává spát od doby, co jsem jako student přečetl Schrödingerovu knihu *Co je život?*. Na jednu stranu je odpověď jasná: živé organismy se množí, metabolizují, reagují na podněty a tak dále. Vyjmenovat vlastnosti života ale není to samé jako ho vysvětlit, o což se Schrödinger snažil. Ačkoli mě Schrödingerova kniha velice inspirovala, zdálo se mi, že jeho vysvětlení nebylo kompletní, a to mě frustrovalo. Bylo mi jasné, že na život musí mít vliv víc než jen reakce atomů a molekul. Schrödinger sice naznačil, že je nejspíš ve hře nějaký nový druh fyziky, ale nespecifikoval jaký. Následné pokroky v molekulární biologii a biofyzice nám také příliš cestu neosvětlily. Poměrně nedávno ale začalo řešení nabývat konkrétnějších obrysů, a to díky zcela novému přístupu.

ŽIVOT JE SAMÉ PŘEKVAPENÍ

⁵ „v látce účelně působící síla“, která „přirodním tělům“ dává formu a život, „dokonaná skutečnost“, „uskutečnění“, tedy silou směřující k uskutečnění něčeho, nějakého programu. (pozn. přek. Sociologická encyklopedie, *Entelechie* [online] <https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Entelechie>)

⁶ Vitalismu také nepomáhalo, že se svou podstatou blížil jinému módnímu výstřelku 19. století – spiritualismu a jeho šílených příbězích o ektooplazmě a éterických bytostech.

„V celém vesmíru mohou být obecné kovy přeměněny ve zlato jen hvězdami a inteligentními bytostmi, které rozumí procesům, jež hvězdy pohání, a nikým jiným.“

-David Deutsch⁷

Abychom Schrödingerově otázce „Co je život?“ porozuměli, musíme zapomenout na tradiční seznam vlastností, jenž biologové umí odříkat z paměti, a začít přemýšlet nad živostí úplně novým způsobem. Zamyslete se nad otázkou „Jak moc by byl svět odlišný, kdyby život neexistoval?“. Každý ví, že biologie má vliv na to, jak naše planeta vypadá: od hromadění kyslíku v atmosféře, přes formování ložisek nerostných surovin, po dalekosáhlé důsledky lidského technologického vývoje. Podobu naší planety mění i mnoho procesů neživých – vulkanické erupce, dopady meteoritů či zaledňování. Hlavním rozdílem mezi nimi však je, že živé organismy jsou schopny vyvolávat procesy, k nimž by žádným jiným způsobem zkrátka dojít nemohlo. Co jiného by dokázalo obletět půl světa a s naprostou přesností najít opět cestu domů (rybák dlouhoocásý), přeměňovat sluneční svit v elektrickou energii s devadesátiprocentní účinností (listy) nebo budovat komplexní síť podzemních tunelů (termity)?

Lidské vynálezy, rovněž produkty života, samozřejmě svedou všechny tyto věci a mnohem víc. Ukažme si to na příkladu: po dobu 4,5 miliardy let (co existuje sluneční soustava), planeta Země hromadila materiály díky srážkám s asteroidy a kometami. Tomu se odborně říká akrece. Na zemský povrch dopadaly objekty všech možných velikostí: od gigantů měřících stovky kilometrů po malá zrníčka meteorického písku. Většina lidí asi slyšela o dinosaurovraždě meteoritu, který před 65 miliony let dopadl na území dnešního Mexika, ale to je jen jeden z mnoha. Díky tomu, že celé věky byla naše planeta z vesmíru bombardována, je dnes těžší, než bývala dříve. Od roku 1958 dochází ale k „anti-akreci“⁸. Aniž by došlo k nějaké geologické katastrofě, velké množství objektů začalo cestovat opačným směrem – ze Země směrem do vesmíru. Některé zamířily na Měsíc a ostatní planety, jiné budou nadobro putovat temnotou. Většina z nich však dodnes obíhá naši Zemi. Tato situace by jen na základě zákonů mechaniky a planetární evoluce nemohla nastat. Snadno ji však můžeme vysvětlit pomocí lidské raketové techniky.

Uveďme si další příklad. Když vznikla sluneční soustava, jen zlomek její počáteční chemické výbavy tvořil prvek plutonium. Protože nejdelší možný poločas rozpadu izotopu plutonia je 81 milionů let, v podstatě se všechno původní plutonium už rozpadlo. V roce 1940 se ale díky experimentům s jadernou fyzikou plutonium na Zemi znovu objevilo. Dnes ho odhadem máme tisíc tun. Kdyby život neexistoval, bylo by naprosto nemožné vysvětlit, kde se náhle na Zemi

⁷ DEUTSCH, David, 2012. *The Beginning of Infinity: Explanations that Transform the World*. Penguin Books, s. 1.

⁸ WALKER, S. I., 2016. The Descent of Math. In: AGUIRE, A., B. Foster & Z. Merali (eds.). *Trick of Truth: The Mysterious Connection between Physics and Mathematics*. Springer.

vzalo tolik plutonia. Neexistuje žádné logické vysvětlení, jak by 4,5 miliardy let stará mrtvá planeta mohla skrz neživotné procesy vyprodukovat plutonium.

Život své okolí neovlivňuje jen pouhým nedopatřením. Rozrůžňuje se a přizpůsobuje, zaplňuje „mezery na trhu“ a přichází s novými důmyslnými způsoby, jak přežít. Tyto způsoby jsou však občas poněkud nezvyklé. Tři kilometry pod zemí v jihoafrickém zlatém dole Mponeng se v mikroskopických pórech žhavé zlatonosné rudy usadily kolonie vzácných bakterií. Žijí izolovaně od zbytku biosféry naší planety. Nemají přístup ke slunečnímu světlu ani k potravě organického původu. Zdrojem životní síly pro tyto prapodivné bakterie je kupodivu radioaktivita. Radioaktivní záření je běžně pro živé organismy smrtelné, ale těmto podzemním obyvatelům dodává dostatek energie tím, že štěpí vodu na vodík a kyslík. Bakterie známá jako *Desulforudis audaxviator* se vyvinula tak, aby dokázala využít vedlejší produkty radioaktivního záření. Z vodíku a oxidu uhličitého rozpuštěného ve vroucí vodě, která horniny obklopuje, vytváří organické stavební materiály.

Osm tisíc kilometrů odtud vychází nelítostné slunce nad jedinečnou krajinou vyprahlého srdce pouště Atacama v Chile. Samý písek a skály, kam až oko dohlédne, bez jediné viditelné známky života. Monotónnost krajiny nenarušují žádní ptáci, hmyz ani rostliny. Nic nevíří prach. Nenajdeme tu ani zelený flíček, který by alespoň naznačoval přítomnost jednoduchých řas. Všechny známé živé organismy potřebují k životu tekutou vodu. V této části pouště Atacama v zásadě ale nikdy neprší, což z ní dělá nejsušší a nejmrtevější místo na celém světě.

V srdci pouště Atacama má NASA výzkumnou stanici, kde testuje teorie o půdě na Marsu, protože tato oblast povrch Marsu ze všech míst na světě nejvíce připomíná. Vědci původně zkoumali, jestli v takto nehostinném prostředí může vůbec ještě život existovat. S oblibou říkávají, že nehledají život, nýbrž smrt. Co ale našli, je šokovalo. Rozeseté mezi tyčícími se pouštními skálami viděli podivné, pískem obalené tvary, připomínající zhruba metr vysoké sloupy. Byly zaoblené a hrboлатé a připomínaly sbírku surrealistických soch, za níž by se nemusel stydět ani sám Salvador Dálí. Tyto solné útvary jsou pozůstatky jezera, které se již dávno vypařilo. A uvnitř těchto útvarů, doslova pohřbené v solné rakvi, našli mikroby, které navzdory vši pravděpodobnosti v tomto nehostinném prostředí žijí. Jedná se o prapodivné organismy, zvané *Chroococcidiopsis*. energii nezískávají pomocí radioaktivity, ale pomocí tradičnější fotosyntézy. Na poušti dokáže silné sluneční záření proniknout jejich průsvitnou schránkou; kde ale berou vodu, to je poněkud složitější. Tuto část pouště Atacama dělí od pobřeží Tichého oceánu zhruba 100 kilometrů a horský hřeben. Když se setmí a teplota prudce poklesne, za správných podmínek skrz průsmyky pronikají paprsky pobřežní mlhy. Molekuly vody z vlhkého vzduchu pak prostupují krystalickou strukturou soli. Voda ale neutváří kapky; místo toho začne být sůl vlhká a lepkavá. Tento fenomén je určitě znám čtenářům, jenž žijí v podnebí s velmi vlhkým vzduchem a mají tak zkušenost s těžko odstranitelnou solnou krustou, která vzniká na jejich slánkách. Schopnost vzdušné vlhkosti proniknout do vnitřní

struktury soli se nazývá delikvescence a poskytuje mikrobům dostatek vláh, aby je chvíli udržela spokojené, než ranní slunce sůl opět dosucha upraží.

Desulforudis audaxviator a *Chroococcidiopsis* jsou jen dva příklady toho, jak úspěšně dokáží živé organismy přežít i za velmi drsných podmínek. Víme, že jiné mikroby ustojí extrémní chlad i horko, salinitu i kontaminaci kovy a kyselost natolik agresivní, že leptá lidské maso. Objevení celého zvěřince nesmírně odolných mikrobů žijících na hraně (kolektivně jim říkáme extrémofilní organismy) vyvrátilo starou domněnku, že život může vzkvétat jen za velmi omezených podmínek (jen za určité teploty, tlaku, kyselosti a tak dále...). Život má však úžasnou schopnost experimentovat s fyzikou i chemií a nalézat nepravděpodobné zdroje energie. Je to důkazem toho, že jakmile se život „rozjede“, má potenciál se rozšířit daleko za hranice svého původního přirozeného prostředí a vyvolávat nečekané proměny. Ve vzdálené budoucnosti si možná budou lidé, nebo jejich mechaničtí nástupci, přizpůsobovat celou sluneční soustavu nebo snad dokonce galaxii. Možná, že někde ve vesmíru už někdo něco podobného dělá, nebo jednou dělat bude. Teď, když byl život vypuštěn do světa, má ve své moci provádět změny doslova kosmického významu.

MŮŽEME VYROBIT PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ ŽIVOTA?

Mezi vědci existuje takové rčení, že jestli něco existuje, měli bychom být schopni to změřit (a možná i zdánit). Můžeme ale změřit život? Nebo „stupeň živosti“? Může vám přijít, že je to abstraktní otázka, ale nedávno nabrala na důležitosti. V roce 1997 se americké a evropské vesmírné agentury sešly a společnými silami k Saturnu a jeho měsícům vyslaly vesmírné plavidlo jménem *Cassini*. Velký zájmem měli o měsíc Titan, největší měsíc ve Sluneční soustavě. Titan byl objeven v roce 1665 Christiaanem Huygensem a generace astronomů fascinuje nejen svou velikostí, ale také tím, že je skryt pod hustými mračky. Než se tam vědci podívali v rámci mise *Cassini*, jeho povrch byl doslova obestřen tajemstvím. Vesmírné plavidlo *Cassini* bylo vybaveno malou sondou, trefně pojmenovanou *Huygens*. Ta byla spuštěna skrz mračna Titanu a pak bezpečně přistála na povrchu měsíce. Sonda *Huygens* odhalila krajinu plnou oceánů a pláží, ale oceány byly z tekutého ethanu a methanu a skály tvořil led. Na Titanu je velká zima; průměrná teplota se pohybuje kolem -180 °C.

Astrobiologové měli o misi *Cassini* živý zájem. Vědělo se, že atmosféru na Titanu tvoří hustý petrochemický smog a mraky plné organických molekul. Kvůli extrémně nízkým teplotám však na tomto měsíci nemůže život, jak ho známe, existovat. Spekulovalo se, že by nějaká zvláštní forma života mohla být schopná využívat tekutý methan místo vody, ale většině astrobiologů se to zdá nepravděpodobné. Pravdou však je, že i kdyby Titan byl zcela prostý života, stále je velice relevantní k naší otázce života. Titan v podstatě představuje přírodní chemickou laboratoř, která už 4,5 miliardy let, tedy po dobu celé svojí existence, bez ustání vaří složité organické molekuly. Můžeme to shrnout barvitěji: Titan je jako obrovský nepovedený

biologický experiment. To nás přivádí přímo k jádru otázky „Co je život?“. Jestliže Titan ušel, chemicky vzato, část dlouhé a zamotané cesty, jež na zemi vedla ke vzniku života, jak daleko ještě má do bodu, kdy „začíná biologie“? Je možné, že Titan nemá ke vzniku života daleko? Existuje vůbec něco jako „skoro život“, který bychom jednou mohli objevit skrytý pod tmavými mračky?

Techničtěji řečeno: je možné vytvořit nějaký přístroj na měření života, který by byl schopný analyzovat organickými látkami nasycenou atmosféru Titanu a ukázat nám číslo? Představte si budoucí misi na Titan, po níž by tým vědců oznámil, že „Za 4,5 miliardy let ze smogu na Titanu život vznikl z 87,3 %“ nebo „Titanu se podařilo urazit pouze 4 % cesty mezi jednoduchými organickými stavebními bloky a jednobuněčnými organismy.“

To zní trochu směšně. Ale proč?

Žádný takový přístroj samozřejmě nemáme. Kromě toho ani nevíme, jak by takový přístroj na měření života vůbec fungoval. Co přesně by měřil? Richard Dawkins přišel se zajímavou metaforou, aby ilustroval proces biologické evoluce – tzv. Horou nepravděpodobnosti⁹. Komplexní život je z podstaty věci nesmírně nepravděpodobný. Existuje jen proto, že ho přirozený výběr v průběhu neuvěřitelně dlouhých věků postupně vybudoval z jednoduchých mikrobiálních organismů. Dawkinsovu metaforu si můžeme představit tak, že předchůdci dnešních komplexních forem života (například lidí) miliardy let šplhali čím dál výš na pomyslnou horu (ve smyslu complexity). Dobrá. Co byl ale první krok, přeměna neživého v živé, předěl mezi směsicí jednoduchých chemikálií a prvními živými buňkami? Museli jsme také šplhat na jakousi prebiotickou, chemickou verzi Hory nepravděpodobnosti? Přejít mezi náhodnou směsí jednoduchých molekul a plně funkčním organismem se samozřejmě nedal překonat jedním úžasně obrovským skokem. Musela to být dlouhá cesta s postupnými kroky. Nikdo neví, jaké ty kroky byly (snad kromě těch úplně prvních, viz str. 167). Vlastně nemáme odpověď ani na mnohem základnější otázku. Byl výstup na horu mezi neživým a živým plynulý a bez zaškobrtnutí pokračoval stále výš od neživé hmoty k biologii? Nebo došlo k několika náhlým přeměnám, jako když ve fyzice dochází ke změnám skupenství (tak náhlým jako přeměna vody v páru)? To nikdo neví. V každém případě je ale podobenství s Horou nepravděpodobnosti užitečné, protože zdolaná výška může sloužit jako měřítko chemické complexity. Abychom se vrátili zpět k hypotetickému přístroji na měření života – kdyby existoval, mohl by vypadat jako výškoměr, který by měřil, jak velkou část Hory nepravděpodobnosti atmosféra Titanu zdolala.

Něco nám očividně chybí, když se zaměřujeme jen na chemickou stránku. Nedávno zesnulá myš je chemicky stejně komplexní jako myš živá, ale nebereme ji jako 99,9% živou. Je zkrátka

⁹ DAWKINS, Richard, 1996. *Climbing Mount Improbable*. New York: Norton.

mrtvá.¹⁰ A co třeba mikroby v klidovém stadiu, které ale nejsou mrtvé, jako bakterie, jež vytvářejí spory, když jsou podmínky nepříznivé, a jsou neaktivní, dokud se podmínky nezlepší, a ony opět „neobživnou“? A co ta malá osminohá zvířátka známá jako želvušky, která se po ochlazení na teplotu tekutého hélia „pozastaví“, ale vrátí se k životu, když se opět ohřejí? I tyto organismy určitě mají nějakou hranici životaschopnosti. Mohl by nám přístroj na měření života prozradit, kdy tu hranici bakteriální spory nebo želvušky definitivně překročily, a už se proto „nikdy neprobudí“?

Není to jen zapeklitý filozofický oříšek. V posledních letech vědci se zájmem zkoumají i Enceladus, další z ledových měsíců Saturnu. Je ohříván zevnitř díky slapovým deformacím pevného jádra, vyvolaným tím, jak měsíc obíhá kolem plynného obra. I když je Enceladus od slunce velice vzdálený a jeho povrch je zmrzlý, pod ledovou krustou najdeme tekutý oceán. Jeho ledová krusta však není dokonale celistvá. Sonda *Cassini* zjistila, že Enceladus skrz ohromné trhliny v ledu vyvrhuje hmotu do vesmíru. A součástí té vyvržené hmoty jsou organické molekuly. Napovídají nám, že se pod povrchem ukrývá život? A jak bychom to zjistili?

NASA plánuje vyslat do roku 2030 misi k Enceladovým gejzírům s jasným cílem – proletět jimi a hledat známky biologické aktivity. Zůstává však jedna zásadní otázka a sice, jakými nástroji by měla být sonda vybavená a po čem by se měla dívat? Mohli bychom pro potřeby této mise vytvořit přístroj na měření života? I kdyby nebylo možné přesně změřit „stupeň živosti“, mohl by takový přístroj od sebe alespoň rozeznat „naprosto neživé“, „skoro živé“, „živé“ a „dříve živé, ale teď už mrtvé“? Má význam se na takovouto otázku vůbec ptát?

Celá záležitost s přístrojem na měření života je symptomem většího problému. Jednou snad dokážeme zkoumat atmosféry planet mimo sluneční soustavu tak podrobně, že budeme schopni nalézt nepopíratelné známky života. Tyto vyhlídky vyvolávají velké nadšení, ale co by mohlo být takovou přesvědčivou žhavou stopou? Někteří astrobiologové si myslí, že přítomnost atmosférického kyslíku by mohla být důkazem fotosyntézy. Jiní navrhuji metan, nebo směsici obou plynů. Pravdou ale je, že se nemohou shodnout, protože všechny běžné plyny mohou vznikat i nebiologickými procesy.

Přínosnou lekcí o rizicích snah definovat, co život je, jsme dostali v roce 1976. NASA vyslala v rámci mise *Viking* dvě sondy, které přistály na Marsu. To bylo poprvé a naposledy, kdy se americká vesmírná agentura pokusila provádět biologické experimenty na jiné planetě místo zkoumání, zda tam jsou vůbec pro existenci života vhodné podmínky. Jeden z experimentů, zvaný *Labeled Release*, byl navržen Gilem Levinem, inženýrem, který v současnosti působí na Arizonské Státní Univerzitě. Experiment probíhal tak, že vědci marsovskou zeminu pokropili

¹⁰ To je zjednodušený příklad pro ilustraci: každý orgán umírá jinou rychlostí a bakterie, které v myši žijí, mohou teoreticky žít navěky.

roztokem se živinami, aby zjistili, zda bude tato „polévka“ místními mikroby přeměněna na odpadní látky v podobě oxidu uhličitého. Uhlík v živinovém roztoku byl radioaktivně označen, aby ho bylo možné pozorovat v případě, že bude vyloučen jako součást CO₂ (proto název *Labeled Release*, pozn. přek.). A opravdu zpozorován byl.

A co je víc, když byl vzorek vystaven vysokým teplotám, reakce ustala, jako by marťanské mikroby horko zahubilo. Stejně výsledky při opakovaných pokusech na různých místech získaly obě sondy. Dodnes Gil tvrdí, že na Marsu našel život a že budoucnost ukáže, že měl pravdu. NASA ve svém oficiálním vyjádření naopak prohlásila, že mise *Viking* život nenašla a výsledky experimentu *Labeled Release* jen vypovídaly o zvláštních vlastnostech půdy. Možná proto také NASA nikdy neměla motivaci experiment zopakovat.

Neshoda mezi NASA a jedním z vědců, kteří se na její misi podíleli, nám ukazuje, jak obtížné je v praxi rozhodnout, jestli na jiné planetě existuje život jen na základě chemických stop. *Viking* měl hledat chemické stopy života tak, jak ho známe. Pokud bychom věděli, že život může existovat jen ve stejné podobě jako na planetě Zemi, mohli bychom vytvořit přístroj na detekci organických molekul natolik komplexních, aby bylo možné s jistotou říci, že byly vyprodukovány známými biologickými procesy. Kdyby tento přístroj našel například ribozom (molekulární továrnu na bílkoviny), biologové by mohli s určitostí říci, že vzorek je buď stále naživu, nebo ještě před nedávnem naživu byl. Co ale třeba aminokyseliny? To nestačí. Některé meteority obsahují aminokyseliny, které vznikly ve vesmíru bez zásahu biologických procesů. Sacharid jménem glykoaldehyd byl nedávno objeven v oblaku plynu u hvězdy vzdálené asi 400 světelných let. To samo o sobě ale rozhodně jako jasný důkaz o existenci života nestačí. Takovéto molekuly mohou totiž vzniknout i díky jednoduchým chemickým reakcím. Je tedy možné nějak vymezit úsek na škále od aminokyselin a sacharidu po ribozomy a bílkoviny, kde bychom mohli s určitostí tvrdit, že jsou důkazem života? Je vůbec možné rozpoznat život jen na základě jeho chemické stopy?¹¹ Mnoho vědců radši vnímá život jako proces, než věc; proces, který možná dává smysl jen na planetární úrovni¹² (viz Okénko 12 v Kapitole 6).

PŘÍBĚH PRASTARÉ MOLEKULY

Život na planetě Zemi v nějaké formě existuje už zhruba 4 miliardy let. Během té doby docházelo k bombardování kometami i meteority, divoké vulkanické činnosti, dobám ledovým i neúprosně sílícímu slunečnímu záření. Přesto však život vždy nějakým způsobem dokázal vzkvétat. Příběh života na této planetě je protkán – v podstatě doslova – dlouhou molekulou jménem DNA. Objevil ji v roce 1896 švýcarský chemik Friedrich Miescher. Slovo molekula, odvozené od latinského slova *moles*, vstoupila do populárního slovníku ve Francii 18. století

¹¹ Lee Cronin z Glasgowské univerzity navrhl, že by se chemická komplexita mohla měřit podle počtu kroků, které jsou potřeba pro vytvoření dané složité molekuly.

¹² SMITH, Eric a Harold Morowitz, 2016. *The Origin and Nature of Life on Earth*. Cambridge: Cambridge University Press.

ve významu „velmi malé množství“. DNA však rozhodně žádná malá molekula není. Každá buňka ve vašem těle jí obsahuje zhruba 2 metry – mezi molekulami je to tedy skutečný obr. Ve známé dvoušroubovici je sepsán manuál pro život. Základní receptura je společná všem známým živým organismům; se šimpanzi sdílíme 98 % našich genů, s myši 85 %, 60 % se slepicemi a více než polovinu s mnohými bakteriemi.

Okénko č. 2: Základní soukolí života

Informační základ veškerého života na Zemi tvoří univerzální genetický kód. Informace nutné pro tvorbu dané bílkoviny jsou uloženy v segmentech DNA jako specifické kombinace „písmen“: A, C, G a T. Každé z písmen představuje jinou molekulu: adenin, cytosin, guanin a thymin. Kolektivně je nazýváme termínem báze. Mohou být uspořádány v jakékoli kombinaci po celé délce DNA, přičemž jejich uspořádání určuje, jaká bílkovina vznikne. Bílkoviny tvoří jiný typ molekul, takzvané aminokyseliny; typická bílkovina se skládá ze stovek aminokyselin propojených do dlouhého řetězce. Existuje mnoho aminokyselin, ale život, jak ho známe, jich využívá jen omezený počet, a to dvacet (někdy jednadvacet). Chemické vlastnosti bílkoviny závisí na přesném pořadí aminokyselin, a protože existují jen čtyři báze, ale dvacet aminokyselin, DNA nemůže popsat každou aminokyselinu pouze jednou bází. Místo toho pracuje se skupinami po třech. Tato čtyři písmena je možné nakombinovat do čtyřiašedesáti různých trojic, tzv. kodonů. Čtyřiašedesát pro popsání dvaceti aminokyselin bohatě stačí, takže jsou nějaké přebytky; některé aminokyseliny jsou popsány dvěma i více kodony. Některé kodony slouží jako interpunkce (například „stop“).

Aby buňka mohla „rozluštit“ instrukce pro stavbu bílkoviny, musí příslušnou kodonovou sekvenci z DNA přepsat na jinou, příbuznou molekulu, již říkáme mRNA (mediátorová RNA). Bílkoviny jsou pak skládány pomocí ribozomů. To jsou malé stroje, které si z mRNA „přečtou“ sekvenci kodonů a podle toho pak chemicky řetězí jednu aminokyselinu za druhou, čímž bílkovina vzniká. Aby systém dobře fungoval, aminokyseliny a kodony si musí odpovídat. Na to pomáhá dohlížet jiný druh RNA – takzvaná transferová RNA, nebo zkráceně tRNA. Existuje 20 variant těchto krátkých vláken RNA, a každá z nich má za úkol rozpoznávat specifický kodon a vázat se k němu. Zásadní je, že se na tRNA připojuje aminokyselina, odpovídající příslušnému kodonu, jenž ji popisuje, a čeká, až se bude moci připojit k rostoucímu řetězci aminokyselin, z nichž se funkční bílkovina vytvořená ribozomem bude skládat. Aby vše fungovalo, jak má, ke každé z 20 variant tRNA musí být připojena správná aminokyselina. O to se stará speciální bílkovina s hrozně vypadajícím jménem aminoacyl-tRNA syntetáza. Na jméně však tolik nezáleží. Na čem záleží, je to, že se tato bílkovina shoduje tvarově nejen s tRNA, ale i s odpovídající aminokyselinou, a tudíž může správnou aminokyselinu připojit ke správné variantě tRNA. Protože existuje 20 různých aminokyselin, musí existovat i 20 různých aminoacyl-tRNA syntetáz. Můžete si všimnout, že aminoacyl-tRNA syntetázy jsou naprosto zásadním článkem v informačním řetězci. Biologická informace je uložena v jedné molekule

(DNA, nukleová kyselina, která používá abecedu o čtyřech písmenech ve skupinách po třech), ale slouží pro účely molekuly zcela jiného typu (bílkoviny, které pracují s dvacetipísmennou abecedou). Každý z těchto typů molekul mluví jiným jazykem! Skupina aminoacyl-tRNA syntetáz je však bilingvní: rozeznají jak kodony, tak všech dvacet různých aminokyselin. Bez těchto molekulových prostředníků se univerzální genetické soukolí, které najdeme uvnitř všech známých živých organismů, zkrátka neobejde.

Můžeme tedy usoudit, že jsou to molekuly prastaré, a že by měly tedy zatraceně dobře fungovat. Vždyť na nich závisí veškerý život! Experimenty ukazují, že jsou opravdu velice spolehlivé. K chybě, tedy k nesprávnému překladu, dochází asi jen jednou z 3000 případů. Je těžké se ubránit obdivu nad tím, jak geniální hodinový strojek života je, a že už miliardy let funguje stále stejně.

Fakt, že všechny známé organismy fungují na stejném univerzálním principu, naznačuje, že mají společný původ. Nejstarší známky života pocházejí z doby před alespoň 3,5 miliardami let a má se za to, že některé části DNA se za celou tu dobu v podstatě nezměnily. Stejný zůstává i jazyk života. Příručka DNA je napsaná kódem obsahujícím čtyři písmena: A, C, G a T, každé pro jednu z nukleových bází. Ty pak jako lešení tvoří strukturu této prastaré molekuly.¹³ Když je pořadí bází dekodováno, získáme recepty na stavbu bílkovin – skutečných tahounů biologie. V lidské DNA je jich zakódováno zhruba 20 000. I když různé organismy tvoří různé bílkoviny, všechny k tomu využívají stejné procesy pro kódování a dekodování (v Okénku 2 se dozvíte více). Bílkoviny se skládají z řetězců propojených aminokyselin. Taková typická bílkovina obsahuje aminokyselin několik stovek. Tyto řetězce jsou uspořádány do složitých trojrozměrných tvarů, které určují jejich funkci. Organismy pracují s dvaceti (někdy jich je jednadvacet) variantami aminokyselin a ty různě kombinují. Existuje nespočet způsobů, kterými může sekvence bází – A, C, G a T – zakódovat oněch dvacet aminokyselin. U všech známých organismů ale jsou ale jednotlivé aminokyseliny zakódovány vždy stejně (viz Tabulka 1), což naznačuje, že to je prastarý a hluboce zakořeněný rys života na zemi, jenž bychom našli i u našeho společného předka před miliardami let.¹⁴

I když je DNA velice stará molekula, v přírodě existují i další vytrvalé předměty a jevy – například krystaly. V Austrálii a Kanadě najdeme zirkony 4 miliardy let staré, které přežily několik období, kdy byly pohřbené v zemské kůře. Hlavní rozdíl mezi nimi je ten, že živý organismus není v rovnováze se svým okolím. Přesněji řečeno, obvykle je v poměrně dost velké nerovnováze se svým okolím. Aby mohl organismus fungovat, musí ze svého okolí přijímat energii, například ze slunce či potravy, a něco musí vylučovat (například kyslík či oxid uhličitý). Mezi organismem a jeho okolím tedy dochází k neustálé výměně energie i látek,

¹³ Když se informace z DNA přepisuje na RNA, báze T, thymin, je zaměněna za trochu jinou molekulu označenou písmenem U (uracil).

¹⁴ Zde může dojít k terminologickému nedorozumění: Je rozdíl mezi genetickým kódem a genetickou informací. Každý má jiné genetické informace, i já a vy. Co je všem živým organismům společné je to, jak jsou tyto informace zakódovány.

zatímco krystaly jsou netečné. Když organismus zemře, veškerá aktivita utichne a postupně, jak se rozkládá, dosáhne opět se svým okolím rovnováhy.

	T		C		A		G	
T	TTT	Phe	TCT	Ser	TAT	Tyr	TGT	Cys
	TTC		TCC		TAC		TGC	
	TTA	Leu	TCA		TAA	STOP	TGA	STOP
	TTG		TCG		TAG		TGG	Trp
C	CTT	Leu	CCT	Pro	CAT	His	CGT	Arg
	CTC		CCC		CAC		CGC	
	CTA		CCA		CCA	Gln	CGA	
	CTG		CCG		CAG		CGG	
A	ATT	Ile	ACT	Thr	AAT	Asn	AGT	Ser
	ATC		ACC		AAC		AGC	
	ATA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg
	ATG	Met	ACG		AAG		AGG	
G	GTT	Val	GCT	Ala	GAT	Asp	GGT	Gly
	GTC		GCC		GAC		GGC	
	GTA		GCA		GAA	Glu	GGA	
	GTG		GCG		GAG		GGG	

Tabulka 1: Univerzální genetický kód

Tabulka ukazuje, jak jsou u všech známých živých organismů zakódované aminokyseliny. Střídají se zde sloupečky s kodony (trojice velkých písmen) a sloupečky s aminokyselinami, jež tyto kodony kódují. Aminokyseliny jsou zde označené zkratkami (např. Phe = fenylalanin...), protože jejich přesné názvy pro naše potřeby nejsou podstatné. Historická zajímavost: Kosmolog George Gamow spekuloval o existenci jakéhosi genetického kódu v dopise Cricku a Watsonovi (objevitelům struktury DNA) datovaném 8. června 1953, tedy 8 let předtím, než se genetický kód podařilo rozluštit. George Gamowa možná znáte jako průkopníka teorie velkého třesku.

Samozřejmě existují i systémy neživé, které jsou nejen v obrovské nerovnováze se svým okolím, ale mají zároveň „trvanlivost“. Mým oblíbeným příkladem je Velká rudá skvrna na Jupiteru. Jedná se o velký větrný vír, o němž se vědělo už v době, kdy byla planeta poprvé pozorována dalekohledem, a nejeví žádné známky toho, že by někdy v blízké době měl zmizet

(viz obr. 1). Známé však mnoho dalších příkladů chemických a fyzikálních systémů, jež jsou podobným způsobem nezávislé. Jedním z nich jsou konvekční buňky. To je jev, kdy tekutina (řekněme tekutá voda), když ji zahřejeme zespoda, začne cirkulovat podle pravidelného vzoru (teplá voda stoupá, chladná voda klesá). Také existují chemické reakce, které vytváří spirálovité útvary nebo rytmicky pulsují (obr. 2). Systémy působící dojem spontánně organizované komplexity, jako jsou tyto, 70. letech zkoumal chemik Ilya Prigogine. Nazval je pojmem „disipativní struktury“¹⁵. Prigogine zastával názor, že chemické disipativní struktury, které existují v nerovnováze se svým okolím a nepřetržitě zpracovávají hmotu a energii, představují jakousi mezizastávku na cestě k živým organismům. Mnoho vědců tomu věří dodnes.



Obr. 1: Jupiterova Velká rudá skvrna

V případě živých věcí mají většinu chemické aktivity na starosti bílkoviny. Metabolismus, tok látek a energie uvnitř organismů, je pro život naprosto zásadní. Bez něj by nemohl vůbec fungovat. Bílkoviny k metabolismu přispívají lvím dílem. Jestli život opravdu začal (jak se Prigogine domníval) jako složité chemické reakce poháněné energií, ve velké divadelní hře života musely bílkoviny být jedněmi z prvních aktérů. Samy o sobě jsou ale bílkoviny celkem k ničemu. Žádný živý organismus se neobejde bez režiséra, který má na starost hladký průběh životních procesů, což vyžaduje notnou dávku organizace, tedy řízení a zabezpečování proti chybám. To je práce nukleových kyselin – DNA a RNA. Život, jak ho známe, z velké části

¹⁵ Pokud je taková struktura v rovnováze a neměnná, chová se jako „mrtvá“. Pokud je „živá“, dochází v ní k uspořádaným reakcím; může se měnit a vyvíjet. „Živá“ disipativní struktura také musí být zpočátku v kontaktu s okolím a musí být živena. Jakmile je však „ustavena“, může existovat i v uzavřeném systému (pozn. překl.)

pracuje na principu spolupráce mezi těmito dvěma velice rozdílnými typy látek: nukleovými kyselinami a bílkovinami. Jedno bez druhého nemůže být. Většina vědců je vnímá jako ono příslovečné vejce a slepici. Bez armády bílkovin, které se kolem ní točí, zůstává molekula DNA jen ležet ladem. Zjednodušeně řečeno je úkolem DNA ukládat „detailní plán života“. Úkolem bílkovin je pak odvádět manuální práci potřebnou pro přežití organismu. Bez ani jednoho se neobejdeme, k čemuž bychom tedy ve snaze definovat, co je život, měli přihlédnout. Není to pouhá komplexní, organizovaná, vzorce vytvářející chemie, nýbrž chemie osvětlená a řízená. Jinými slovy: život je chemie plus informace.



Obr. 2: Chemická „disipativní struktura“.

Když je rovnováha mezi chemikáliemi ve specifické směsi narušena, může spontánně dojít ke vzniku stabilních forem, jaké vidíte na obrázku. Chemik Ilya Prigogine byl toho názoru, že takovéto systémy jsou prvním krokem na dlouhé cestě k živým organismům.

ŽIVOT = HMOTA + INFORMACE

„Nic v biologii nedává smysl, kromě světla informace.“

Nastal klíčový okamžik.

Věc, která odděluje živé od neživého je informace.

Shrnuli jsme to pěkně, ale měli bychom si to ještě trochu rozebrat. Začneme něčím jednoduchým. Organismy se množí a tím předávají informace o své podobě svým potomkům. Reprodukce a pouhá produkce v tomto ohledu nejsou to samé. Když se psi množí, vzniknou další psi. Když se množí kočky, vzniknou další kočky. Když se množí lidé, vzniknou další lidé. Základní uspořádání těla se dědí z generace na generaci. Rozmnožování je o něco složitější záležitost než jen pokračování druhu. Lidské děti od svých rodičů či prarodičů dědí specifické rysy, jako například zrzavé vlasy, modré oči nebo dlouhé nohy. Nejlépe můžeme dědičnost popsat jako informaci o předešlých generacích, kterou předáváme generacím dalším, informaci o tom, jak vytvořit nový organismus k obrazu toho předešlého. Tato informace je zakódována v genech organismu a je replikována jako součást procesu rozmnožování. Esencí biologické reprodukce je pak dědičná informace.

Když v roce 1943 Schrödinger pronášel své přednášky, většina vědců ještě netušila, jak se genetická informace kopíruje a předává dál. Nikdo doopravdy nevěděl, kde tato informace byla uložena, a jak byla replikována. To bylo deset let před objevením toho, jak důležitou roli v genetice hraje DNA. Schrödingerův velký přínos spočíval v tom, že odhalil, že uložení informací, jejich zpracování a přenos probíhá uvnitř živých buněk na molekulární, nanoskopické úrovni.¹⁷ Kromě toho kvantová mechanika, jejímž duchovním otcem byl právě Schrödinger, byla potřeba k vysvětlení stability úložiště informací. I když jsme pravou podobu genetického materiálu ještě neznali, Schrödinger došel k závěru, že se musí jednat o molekulu se specifickou strukturou, kterou pojmenoval „aperiodický krystal“. Byl to velice bystrý odhad. Krystaly jsou stabilní. Známé krystaly jako diamanty nebo sůl jsou periodické: jednoduché, pravidelné uspořádání atomů. Na druhou stranu by však molekula, která je nahodile uspořádaná, ale disponuje stabilitou na úrovni krystalů, mohla být schopná zakódovat a uložit velké množství informací. Ukázalo se, že přesně to DNA je. Aperiodický krystal. Crick i Watson, kteří o deset let později strukturu DNA objevili, uznali, že jim Schrödingerova kniha dodala nutnou počáteční inspiraci, jež potřebovali k rozklíčování záhad podoby a funkce genetického materiálu.

¹⁶ KÜPPERS, Bernard-Olaf, 2016. The nucleation of semantic information in prebiotic matter. In: DOMINGO, E. & P. Schuster (eds.) *Quasispecies: From Theory to Experimental Systems*. Current Topics in Microbiology and Immunology, sv. 392. Springer, s. 23–42.

¹⁷ Nanometr je jedna miliardtina metru. Nanotechnologie se zabývá vytvářením technologií na této molekulární úrovni.

Dnes se tento informační základ života prolíná se všemi vědeckými obory. Biologové ve spojitosti s geny (specifickými kombinacemi bází v DNA) používají výrazy jako „zakódované informace“, „transkripce“ či „translace“. Když jsou geny replikovány, nejdříve musí být zkopírovány a pak dochází ke „korekci“ a „proofreadingu“. Chyby jsou v případě potřeby opraveny. Na úrovni tkání najdeme „signální“ molekuly. Jiné molekuly kolují krví a slouží ke komunikaci mezi orgány. I jednotlivé buňky sbírají informace o svém okolí, vnitřně je zpracovávají a pak odpovídajícím způsobem reagují. Hlavní systém na zpracování informací v biologii samozřejmě představuje mozek, který je často (ne příliš přesvědčivě) přirovnáván k digitálnímu počítači. O úroveň výše, nad jednotlivými organismy, najdeme společenská uspořádání a ekosystémy. Eusociální druhy hmyzu, jako jsou mravenci nebo včely, si předávají informace, aby mohly zkoordinovat skupinové aktivity jako shánění potravy a výběr místa pro stavbu hnízda. Ptáci a ryby se sdružují v hejnech. Výměna informací je základem jejich koordinovaného chování. Primáti se sdružují v koloniích s komplexními společenskými normami, jež mohou být dodržovány díky rafinovaným způsobům komunikace. Lidská společnost vytvořila celosvětové systémy na zpracování informací, jakými je třeba internet. Není tedy divu, že mnoho vědců dnes definuje život na základě jeho informačních vlastností. Biofyzik Eric Smith to shrnul takto: „Život by měl být chápán jako chemický systém, kde tok a ukládání energie souvisí s tokem a ukládáním informací“¹⁸.

Nyní jsme došli k bodu, kde se zdánlivě nesourode světy biologie a fyziky, živého a neživého, setkávají. I když si Schrödinger správně povšimnul, že existuje spojitost mezi molekulární strukturou a ukládáním informace, jeho koncept aperiodického krystalu bez povšimnutí přešel velkou pojmovou propast. Molekula je fyzická věc; informace je naopak abstraktní koncept, převzatý vlastně ze sféry lidské komunikace. Jak tuto propast překleneme? Jak můžeme propojit abstraktní informaci s fyzickým světem molekul? První záblesky odpovědí na tyto otázky přišly, možná překvapivě, před 150 lety uprostřed ruchu a neklidu průmyslové revoluce. Tyto záblesky nesouvisely tolik s biologií, ale spíše se šrouby a maticemi strojního inženýrství.

¹⁸ SMITH, Eric, 2008. *Chemical Carnot cycles, Landauer's principle and the thermodynamics of natural selection* [přednáška]. Letní škola komplexních systémů v Bariloche.

2. Komentář

2.1. Profil cílového textu

Pokud má mít překlad nějakou hodnotu a úroveň, překladatel musí při jeho vzniku myslet na jeho zadání. Pro potřeby této práce se budeme zabývat zadáním fiktivním. Rozebereme si tedy v jaké formě, kontextu a nakladatelství by tento překlad u nás mohl vyjít. V následujících odstavcích budou pojmy populárně naučná a populárně vědecká literatura používány záměnně. Veškeré informace o vydaných knihách a jejich dostupnosti jsou ke dni 16.12.2024.

Jakožto úvodní kapitola knihy, která má představit čtenáři novou teorii o směru, kterým se věda může v budoucnosti ubírat, se na vydání samostatně jako článek příliš nehodí. Kapitola není koncipovaná jako soběstačný článek, odkazuje například na pozdější části knihy a slouží jako základní stavební kámen pro celý pozdější výklad. Autor evidentně knihu vystavěl jako celek, který by bez žádné z částí nemohl fungovat. Ani pokud by kapitola prošla určitými úpravami, jakými je odstranění odkazů na pozdější části, na časopisecké vydání by se stále nehodila, protože kapitola samotná nemá dostatečný spád a bez kontextu zbytku knihy působí poněkud bezúčelně.

Vzhledem k tematice a stylu textu by však některá potenciální autorova práce menšího rozsahu mohla zajisté figurovat v časopisu *Živa* – populárně vědecké publikaci vydávané nakladatelstvím Academia, jejíž tradice sahá do doby Jana Evangelisty Purkyně. Časopis se zabývá biologií a přidruženými obory, včetně molekulární biologie, mikrobiologie, genetiky a evoluční biologie¹⁹, tudíž článek zabývající se otázkou počátku života by v repertoáru *Živy* nepůsobil nemístně.

Z předešlých odstavců je tedy jisté, že by kniha musela vyjít jako celek v některém z českých nakladatelství. *Demon in the Machine* je kniha populárně naučná, zabývající se tematikou astrobiologie, kvantové fyziky, spekulativní biologie, evoluce a dalších, což je v dnešní době poměrně na českém knižním trhu poměrně vzácný úkaz. Důkazem o tom nám může být jeden z největších knihkupců v České republice, Luxor. Když navštívíme jejich webové stránky a otevřeme si kategorii „Naučná literatura“²⁰, kde bychom knihu typu *Demon in the machine* očekávali, setkáme se primárně se self-help knihami, biografiemi, knihami o zdraví a populární psychologii, kuchařkami, a dokonce i křížovkami. Ani v kategorii „Odborná a technická literatura“²¹ není situace o moc lepší – zde se populárně vědecké knihy ukrývají mezi

¹⁹ Živa [online] [cit. 2024-12-15] Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz>

²⁰ Luxor.cz. *Naučná literatura* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9565/knihy-naucna-literatura>

²¹ Luxor.cz. *Odborná a technická literatura* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9567/knihy-odborna-a-technicka-literatura>

biografiemi, self-help knihami, učebnicemi a zákoníky. Teprve až v podkategorii „Přírodní vědy“²² nalezneme několik populárně vědeckých titulů, jmenovitě například *Stručná historie času* Stephena Hawkinga či *Život na zemi* Davida Attenborough. I zde se však tyto tituly ztrácí mezi učebnicemi, atlasy rostlin a knihami o výletech do přírody.

Dobrat se k populárně vědeckým knihám není tedy vůbec snadné a už jen proces hledání by mohl potenciální zájemce odradit. Pokud by se měl tento typ literatury stát čteným, rozšířeným a oblíbeným, knihy by musely být dostupnější, a to co se fyzické dostupnosti týče, ale i cenově. Například výše zmíněný titul *Život na zemi* lze pořídit na e-shopu knihkupectví Luxor za 894 Kč²³. Inspirací by nám mohlo být britské nakladatelství Penguin Books, které vydává kvantum populárně naučných knih ze všech možných vědních oborů v cenově dostupném paperbackovém vydání.²⁴ Většina titulů se pyšní velice zajímavým grafickým zpracováním, která přiláká čtenářovu pozornost. Aby se populárně vědecká literatura v českém prostředí rozšířila, muselo by se jednak pravděpodobně jejímu šíření systematicky věnovat některé z nakladatelství a knihy by musely být snadno k nalezení, graficky zajímavě zpracované a cenově dostupné.

Podle serveru *databazeknih.cz* v českém překladu dodnes vyšlo devět z Daviesových zhruba třiceti knih²⁵, z čehož tři vyšly v nakladatelství Argo, dvě v nakladatelství U veverky, dvě ve slovenském nakladatelství Archa, jedna v nakladatelství Motýl' (rovněž slovenském) a jedna v nakladatelství Columbus²⁶. Spíše než na vydávání celého Daviesova díla bychom se však měli zaměřit na šíření populárně vědecké literatury na českém trhu obecně. Pravděpodobně nejpovolanejším nakladatelstvím pro tento účel by byla již zmíněná Academia, která se vydáváním vědeckých prací i naučné literatury, české i překladové, zabývá již od roku 1953²⁷, a tudíž pro vytvoření edice populárně vědeckých knih má prostředky i dostatek zkušeností.

Tato edice by se sestávala z překladů populárně vědecké literatury od velikanů, jakými je například Richard Dawkins, po autory méně známé. Systematické vydávání takovýchto titulů by umožnilo vytvořit jakýsi klasifikační systém a systém doporučení na další četbu, což by obojí společně potenciálnímu čtenáři usnadnilo orientaci v neznámé odnoži literatury. Knihy by mohly být označeny symboly nebo klíčovými slovy, aby čtenář okamžitě věděl, s jakými vědními obory a s jakou problematikou se při četbě setká. V případě *The Demon in the Machine* by se tedy mohlo jednat o kvantovou fyziku, biologii, kosmologii, informaci, počátek života,

²² Luxor.cz. *Přírodní vědy* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9657/knihy-odborna-a-technicka-literatura-prirodni-vedy>

²³ Luxor.cz. *Život na Zemi – Nejúžasnější příběh všech dob* [online] [2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/v/1972599/zivot-na-zemi-nejuzasnejsi-pribeh-vsech-dob>

²⁴ Penguin.co.uk. *Science & Nature* [online] [2024-12-16] Dostupné z: <https://www.penguin.co.uk/search-results?tab=books&categoryLabel=PW-201700&format=Paperback>

²⁵ Wikipedia.org. *Paul Davies* [online] [cit. 2024-11-10] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Davies

²⁶ Databazeknih.cz. *Paul Davies* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.databazeknih.cz/autori/paul-davies-18818>

²⁷ Academia.cz. *O nás*. [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.academia.cz/nakladatelstvi/O-Nas/>

evoluci atd. Pokud by byl čtenář spokojen a chtěl se dozvědět více, na konci knihy by našel seznam doporučených titulů z této edice, rovněž doprovazený klíčovými slovy.

Kromě jednodušší orientace by také systematické vydávání popularizační edice umožnilo nakladatelství dohlédnout na vizuální jazyk a grafický design, který rozhoduje o tom, zda se titul ztratí mezi příručkami a učebnicemi na e-shopu knihkupectví Luxor, nebo potenciálního čtenáře zaujme. Zajímavý grafický design obálky může přispět k destigmatizaci vědy, která se běžnému člověku může znát nepřístupná či nezáživná. Paperbackové vydání by bylo nejen z podstaty věci cenově dostupnější, ale také lehčí a přenosnější, a tudíž by potenciální čtenář mohl být svolnější si knihu zakoupit. Čtenář by neměl mít strach do knihy investovat a mít pocit, že je to příliš velký závazek. Lehký, cestovní, cenově dostupný paperback by čtenáři umožnil se vzdělávat za cesty a beze strachu, že zainvestoval značný finanční obnos do něčeho zbytečného.

Ačkoli nelze spolehlivě předvídat chování zákazníků, spojení sjednocené edice, doporučené četby, zajímavého grafického zpracování a cenově dostupného paperbacku by mohlo být klíčem k úspěchu titulu jakým je *The Demon in the Machine* a přispět k šíření populárně naučné literatury na českém knižním trhu obecně.

2.2. Překladatelská analýza výchozího textu

2.2.1. Vnětextové faktory

Podle Christiane Nordové (1991) jsou vnětextové a vnitrotextové faktory vzájemně provázané. Vnětextové faktory analyzujeme ještě před samotným přečtením a mohou nám pomoci při analýze faktorů vnitrotextových, protože vytváří ve čtenáři určitá očekávání. K řádné analýze vnitrotextových faktorů dochází až při samotném čtení, kdy srovnáváme svá očekávání a se skutečným prožitkem. Proto se nejprve budeme věnovat právě faktorům vnětextovým. Nordová řadí mezi vnětextové faktory autora textu, jeho záměr, adresáta, médium, místo a čas (tedy kdy a kde je text vytvořen/vnímán) a v neposlední řadě motiv pro vznik textu.²⁸

Roli autora textu v některých případech můžeme rozdělit na producenta a vysílatele, jako například v případě spolupráce se stínovým autorem neboli ghostwriterem.²⁹ Co se knihy, již se v této práci zabýváme, týče, obě role zastupuje jedna a táž osoba.

Producentem i vysílatelem překládaného textu v jedné osobě je Paul Davies, britský teoretický fyzik, kosmolog, astrobiolog a velice plodný autor populárně naučných i odborných knih. Často také vystupuje v televizních a rozhlasových pořadech a je známým popularizátorem vědy

²⁸ Nordová (1991), s. 42

²⁹ Nordová (1991), s. 5

v několika zemích. Je rovněž držitelem mnoha prestižních ocenění; uveďme si například Templetonovu cenu či Cenu Michaela Faradaye udělenou Královskou společností v Londýně. Mimo jiné je po něm pojmenován asteroid – 6870 Pauldavies.³⁰ Ačkoli je jeho hlavním zaměřením teoretická fyzika, kterou vystudoval na londýnské University College, jeho záběr je mnohem širší. Ve svém díle se zabývá vším od kvantové mechaniky po mikrobiologii; od černých děr přes hledání mimozemského života až po výzkum rakoviny. Od získání doktorátu z teoretické fyziky v roce 1970 působil na několika významných institucích po Velké Británii a Austrálii. Dnes je jeho hlavním působištěm Arizonská státní univerzita.³¹ Za svou kariéru vydal přes 30 knih.³² Překládaný text je převzat z jednoho z jeho nejnovějších titulů, *The Demon in the Machine*. Daviesův široký rozhled je zde velice patrný; poznatky z biologie se prolínají s kvantovou mechanikou. Zároveň je tato kniha dobrým příkladem Daviesova umu jakožto popularizátora vědy. Nesmírně složitou problematiku dokáže podat zábavným a čtivým způsobem, který je otevřený i těm, kteří se v teoretické fyzice nepohybují. Sám do textu vstupuje – pomocí první osoby, skrz vlastní anekdoty a zkušenosti či další jazykové prostředky a slohové postupy, které si rozebereme blíže později – a tím ho polidšťuje a zpřístupňuje širšímu publiku.

Autorovým hlavním **záměrem** a **motivem** je čtenáři nabídnout netradiční vhled do problematiky vzniku života, toho, co odlišuje živé a neživé, a ukázat mu, kudy by se výzkum mohl v budoucnosti ubírat. Poukazuje na zdánlivě paradoxní schopnost živých organismů vzdorovat entropii a druhému zákonu termodynamiky, vysvětluje, jakým způsobem s biologií souvisí kvantová fyzika, a jak je koncept informace zásadní od atomů, přes buňky až po lidské společnosti. Ačkoli na informaci jako základu všeho života v zásadě trvá, sám autor s žádnou převratnou ucelenou teorií vysvětlující existenci života nepřichází a v epilogu dokonce přímo přiznává, že se jedná o novou vědní disciplínu se spoustou nezodpovězených otázek („*In this book I have charted a burgeoning new area of science. As I write, scarcely a day passes without the publication of another paper or the announcement of a new experimental result having a direct impact on the physics of information and its role in the story of life. This is a field in its infancy and many questions remain unanswered.*“³³). Jak napovídá i samotný podtitul knihy (a přítomný průběhový čas v něm použitý), *How hidden webs of information are solving the mystery of life*, záhada počátku života není ještě zcela rozklíčována, ale lidstvo je na správné cestě; užití času předpřítomného (tedy *How hidden webs of information have solved...*) by naznačovalo, že celá záležitost je uzavřená, a že nás autor tedy jen seznamuje s výsledky dlouholetého bádání. Kniha je však spíše pojatá jako přehled poznatků, na něž mohou dostatečně osvětlení čtenáři navázat, s vysvětlením, proč ten daný poznatek stojí za bližší prozkoumání a jak může být takový výzkum prospěšný pro rozřešení otázky vzniku života.

³⁰ ASU. *Paul Davies* [online] [2024-11-30] Dostupné z: <https://search.asu.edu/profile/979476>

³¹ FULLER, Amanda E. *Paul Davies* [online] Encyclopædia Britannica [cit. 2024-11-09] Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Paul-Davies>

³² Wikipedia.org. *Paul Davies* [online] [cit. 2024-11-10] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Davies

³³ Davies (2020), s. 215

Určit **zamýšleného adresáta** překládaného textu se ukázalo být poměrně obtížným úkolem. Od potenciálního čtenáře se určitě očekává už vzhledem k samotné povaze zvoleného tématu minimálně určitá pasivní zkušenost s několika různými vědními obory. Problém ale spočívá v tom, že text působí poměrně nevyváženě, co se hustoty výkladu týče. Některá problematika je vysvětlena příliš do hloubky, jako v případě pasáže o DNA z překládané kapitoly, a tudíž by někoho, kdo je v problematice zběhlý a věnuje se jí kupříkladu i ve svém pracovním životě, mohla nudit či zdržovat od hlavního tématu. Na druhou stranu jsou tu některé věci nedovysvětlené a zmíněné bez kontextu, jako by každý čtenář měl okamžitě vědět, o čem se mluví (jako například popisek pod Tabulkou 1 o objevitelích struktury DNA či některé termíny). Pokud by vše bylo rozebráno stejně podrobně jako výše zmíněná pasáž o DNA, text by působil vyrovnanějším dojmem a byl by také znatelně delší, ale zároveň přístupnější širšímu publiku. I když autorovy požadavky na vzdělání zamýšleného čtenáře nejsou zcela jasné, lze s určitostí říci, že kniha je určena těm, kteří mají určitou intelektuální úroveň, zájem o vzdělání, alespoň povědomí o relevantních vědních oborech a jsou otevření novým nápadům. Aby autor čtenáře zaujal, nepředkládá jen holá fakta, ale prokládá je narativnějšími úseky a často svůj výklad vztahuje k sobě, čímž text pro čtenáře „uzemňuje“ a poměrně abstraktní koncepty pro ně demystifikuje.

Co se týče **média**, *The Demon in the Machine* je psaný text, který byl vydán jak v tištěné a elektronické podobě, tak v audio podobě jako CD. Za tištěnou i elektronickou podobu knihy stojí nakladatelství Penguin Books a jejich verze se liší jen v zásadě kosmetických rozdílech, jakým je poznámkový aparát, chybějící rejstřík a odkazy na sociální média. Rejstřík s odkazy na specifické stránky najdeme pouze v tištěné verzi. To má hned několik možných vysvětlení – jednak stránky ve verzi elektronické nejsou očíslovány a jednak funkce vyhledání v souboru (s klávesovou zkratkou CTRL+F) eliminuje nutnost klasický rejstřík používat. Poznámkový aparát se u obou vydání liší svým zpracováním. Ve verzi tištěné nalezneme poznámky pod čarou, zatímco ve verzi elektronické mají podobu hypertextového odkazu, který čtenáře po kliknutí přesune na konec knihy k příslušné poznámce. V tištěné verzi také nalezneme nabídku dalších titulů, které vyšly v nakladatelství Allen Lane, divizi Penguin Books, která se zaměřuje na literaturu faktu.³⁴ Ve verzi elektronické najdeme pouze odkazy na sociální média nakladatele. Samotný text knihy se však mezi těmito dvěma verzemi neliší. Při své práci jsem používala obě dvě; při prvotním překladu tištěnou a pro její praktičnost pak při další práci s textem primárně verzi elektronickou – to však až po ověření, že samotný Daviesův text je mezi oběma verzemi totožný. Audioverzi *The Demon in the Machine* vydalo americké

³⁴ Penguin.co.uk. *Allen Lane* [online] [cit. 2024-12-17] Dostupné z: <https://www.penguin.co.uk/company/publishers/penguin-press/allen-lane>

nakladatelství Tantor Media, které se již od roku 2000 zabývá pouze vydáváním audioknih.³⁵ Knihu namluvil Nigel Patterson. Všechny tři verze jsou k dostání na *amazon.co.uk*.³⁶

Místo a čas jsou faktory úzce propojené, ale ani jeden z nich příliš velký vliv v tomto případě na obsah knihy nemá. Zabývá se obecnými fakty, které platí nejen kdekoli na světě, ale také kdekoli ve vesmíru. Pravděpodobně nejdůležitější vědeckou disciplínou, se kterou se v *The Demon in the Machine* setkáme, je kvantová fyzika – stále aktuální, i když dnes už poměrně stará disciplína. Autor se navazuje na poznatky vědců z celého světa; nezaměřuje se ani na Británii, ani Spojené státy, ačkoli v těchto dvou zemích strávil patrně největší část svého života. Uveďme si pro ilustraci několik příkladů. Kvantová fyzika jako disciplína sahá do počátků 20. století a mnoho jejích průkopníků byla německého původu, jako Max Planck či Albert Einstein. Dalšími důležitými osobnostmi byl Rakušan Erwin Schrödinger či Dán Niels Bohr³⁷, oba zmínění v překládané první kapitole. Za mnoho poznatků o kosmu na druhé straně vděčíme Spojeným státům a vesmírnému programu NASA. Seznam zdrojů je tedy velice mezinárodní a jejich výběr pravděpodobně není ovlivněn autorovým původem nebo místem dlouhodobého pobytu. Ačkoli by se dalo argumentovat, že obecně ve vědě panuje jakási zaujatost ve prospěch anglicky mluvících výzkumníků³⁸, jejich výběr působí poměrně demokraticky a s největší pravděpodobností by se příliš nezměnil, kdyby byl autor například Čech.

Kniha vyšla poprvé v roce 2019, ale aktivní odkazy k tomuto specifickému roku zde nenajdeme. Autor navazuje na dlouholeté snahy mnoha generací vědců, od Aristotela po vědce současné. Jak bylo zmíněno výše, autor nemá v úmyslu představit vlastní ucelenou teorii, která by mohla během několika příštích let být vyvrácená, ale spíše využívá retrospektivy a buduje na poznatcích minulých, aby položil základy dalšímu bádání, díky čemuž kniha získává určitou nadčasovost. Ačkoli je většina informací v knize nadčasová a aktuální, setkáme se zde i s některými údaji, které platnosti pozbyt mohou. Týkají se primárně dosud žijících vědců a místem jejich působiště. V překládané kapitole se například setkáme se jménem Gila Levina a jeho působením na Arizonské Státní Univerzitě, který v roce 2021, tedy dva roky po vydání *The Demon in the Machine*, zemřel ve věku 97 let.³⁹

³⁵ Tantor.com. *About Tantor Audio* [online] [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://tantor.com/about-us>

³⁶ Amazon.co.uk. *The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Finally Solving the Mystery of Life* [online] [cit. 2024-12-18] Dostupné z: https://www.amazon.co.uk/Demon-Machine-Information-Finally-Solving/dp/0141986409/ref=tmm_pap_swatch_0?encoding=UTF8&sr=

³⁷ ŠKORPÍK, Vítězslav, 2023. *Kvantová fyzika, kvantová komunikace a kosmický výzkum* [online] [cit. 2024-12-17] Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2023/10/21/kvantova-fyzika-kvantova-komunikace-a-kosmicky-vyzkum/>

³⁸ PANKO, Ben, 2017. *English Is the Language of Science. That Isn't Always a Good Thing.* [online] Smithsonian Magazine [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/english-language-science-can-cause-problems-180961623/>

³⁹ GRONSTAL, Aaron, 2021. *In Memoriam, Dr Gil Levin* [online] [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://astrobiology.nasa.gov/news/in-memoriam-dr-gil-levin/>

2.2.2. Vnitrotextové faktory

Christiane Nordová mezi vnitrotextové faktory řadí téma, obsah, presupozice, výstavbu textu, nonverbální prvky, lexikum, syntax a suprasegmentální prvky.⁴⁰

Tématem první kapitoly/překládaného úryvku, je zdánlivá paradoxnost existence života a představení základní otázky, na které stojí celý další výklad: „Co je to život?“ Jedná se o téma, nad kterým se lidstvo zamýšlí pravděpodobně od chvíle, kdy získalo schopnost kriticky uvažovat nad světem kolem sebe. Autor k němu přistupuje s moderním vědeckým přístupem a propojuje poznatky z rozmanitých vědních disciplín.

Co se **obsahu** týče, tato kapitola je o něco narativnější než některé následující. Je koncipována jako úvod k problematice, již se zbytek knihy zabývá. V jejím úvodu se dočteme o Erwinu Schrödingerovi, který pro Daviese slouží jako jakýsi katalyzátor jeho zájmu o problematiku vzniku života. Dále představuje stručnou historii zkoumání podstaty života a vyvrací některé starší názory pomocí několika extrémních příkladů, které čtenáři ukazují, že život může existovat i v zdánlivě naprosto nehostinných podmínkách a může ovlivňovat své prostředí způsoby, jaké by v neživé přírodě byly nemožné. S ohledem na organismy schopné přežívat v nemyslitelných podmínkách pak autor uvažuje nad tím, jak bychom vůbec poznali, že kdesi ve vesmíru život existuje a zda by bylo možné odhadnout, jestli jsou změny v prostředí vyvolané živými organismy nebo například geologickými jevy. Tvrdí, že jsou věci a procesy, které sice s organismy mají společné rysy, ale přesto musí existovat něco, co je odděluje. To by podle něj měla být informace. Podstatnou část kapitoly autor věnuje výkladu o DNA, což je podle něj prastará molekula, která organismům zdánlivě umožňuje bojovat proti entropii a druhému zákonu termodynamiky a vytvářet pořádek z chaosu právě díky své schopnosti ukládat informace. Celá kapitola dospěje ke své pointě v posledním odstavci, kdy autor vysloví svůj závazek vypátrat, jak lze propojit fyzický svět molekul s abstraktním světem informací. Nesetkáme se zde jen s teoretickým uvažováním; Davies svůj výklad ilustruje příklady jevů a experimentů ze skutečného světa, anekdotami o vědcích a celý ho vztahuje k sobě, svým zkušenostem a zájmům, čímž mu dodává osobnější ráz. Text je proložen vsuvkami s dodatečnými informacemi a náměty k zamyšlení, citáty ale také černobílými fotografiemi ilustrujícími samotný výklad.

Presupozice se mezi výchozím a cílovým adresátem, vzhledem k doslova univerzální platnosti probíraného tématu, příliš lišit nebude. Kulturní rozdíly budou hrát v porozumění textu pouze minimální roli, a tudíž vyrovnávání presupozic nebylo třeba z tohoto hlediska věnovat tolik pozornosti. Požadavky na čtenáře jsou hlavně vědomostního rázu, a tím pádem značně individuální, bez ohledu na jeho kulturní příslušnost. Ačkoli se autor snaží k tématu přistupovat lidským, osobním způsobem, zabývá se zde pokročilými koncepty z mnoha vědních oborů, z nichž se s některými nesetkáme ani na středoškolské úrovni. Od čtenáře se očekává aktivní

⁴⁰ Nordová (1991), s. 89

zájem o vědu, (alespoň pasivní) znalost biologie a fyziky, předchozí zkušenost s knihami tohoto typu, ale také schopnost si představit složité abstraktní koncepty a pracovat s nimi. Pokud je čtenář naprostý laik a tyto požadavky nesplňuje, šance, že by četba této knihy pro něj byla přínosná, není velká. Překladatel se může snažit text zpřístupnit co nejširšímu publiku vysvětlivkami, jak jsem v několika případech v této práci udělala i já, ale vyrovnat presupoziční propast mezi výchozím zamýšleným čtenářem a naprostým laikem bez velice hlubokého porozumění kvantové fyzice a dalším oborům není možné.

Dále se zaměříme na **výstavbu textu**. Překládaný text představuje jednu celou kapitolu z knihy, která je označena číslem 1 a názvem, tedy „*What is life?*“. Ačkoli se jedná o celek spějící k závěrečné pointě, text je rozdělený na drobnější podkapitoly s vlastními názvy, přičemž některé jsou doprovázeny citáty. Každá z těchto podkapitol se zabývá jiným tématem, ale návaznost je mezi nimi zřejmá; nejsou zdaleka tak obsahově oddělené jako jednotlivé „nadkapitoly“. Podkapitoly jsou zakončeny větším odsazením, zatímco odstavce v hlavním těle textu dělí jen mezera jednoduchá. Tok hlavního textu je narušován nejen poznámkami pod čarou, ale také výše zmíněnými vsuvkami s dodatečnými informacemi, které mají ve výchozím textu grafickou podobu rámečku s vlastním titulkem. Tento rámeček představuje jakousi rubriku – prostupuje celou knihou. Rámečky jsou, stejně jako kapitoly, číslované. Pak zde nalezneme rovněž obrázky a tabulky, které mají své vlastní číslování a popisky.

To nás přivádí k **nonverbálním prvkům**. Text knihy je doprovázen tabulkami a obrázky – v první kapitole se setkáme pouze s fotografiemi, v dalších kapitolách i se schematickými ilustracemi a grafy. Přesné umístění těchto grafických prvků v textu se může mezi elektronickým a papírovým vydáním mírně lišit, vzhledem k prostoru, který je na fyzické stránce k dispozici.

Davies využívá v textu velmi pestrého **lexika** z různých stylistických vrstev. Základ tvoří neutrální slovní zásoba, ozvláštěná jak výrazy znatelně formálními až knižními (*sanguine, burgeoning, conundrum, aeons, suffuses, menagerie*), tak výrazy kolokviálními (*get going, fair enough, business as usual*). Setkáme se zde množstvím běžných frázových sloves (*fade away, reel off, rain down, cook up*), ale také mnoha expresivnějšími obraznými výrazy a aktualizacemi, které svědčí o autorově spisovatelském umu a povznášejí vědecký text, jenž by mohl jinak působit „suchým“ a nezáživným dojmem, (*trouble was brewing for life force, journey into the void, unrelieved by signs of life, dinosaur-destroying, degree of aliveness, puzzle of life, lurking in its murky clouds*). Autor hojně využívá kompozit; setkáme se s mnoha kompozity v angličtině konvenčními (*thermodynamics, astrobiologist, non-living, long-standing, double-helix*) i méně běžnými až neologickými (*life-meter, chicken-and-egg, far-from-equilibrium, dinosaur-destroying*). Zastoupena jsou tu i propria – značné množství, osobních jmen, názvů institucí (*Trinity College, Institute for Advanced Studies, NASA*), toponym (*Dublin, Mponeng gold mine, the Atacama Desert, the Pacific Ocean*) či kosmonym

(*Mars, Earth, Titan, Enceladus*). V neposlední řadě se v textu setkáme s kvantem odborných termínů z různých sémantických polí. Ty si podrobněji rozebereme dále.

Sémantických polí je tu vzhledem k multidisciplinární povaze zkoumaného textu několik. Primárně se jedná o fyziku, astronomii, chemii a biologii; setkáme se tu však i s pojmy z filozofie, geologie a matematiky. Každý z těchto okruhů by se dal samozřejmě specifikovat blíže (kvantová fyzika, termodynamika, genetika, mikrobiologie, organická chemie, anorganická chemie atd.), ale pro potřeby této práce postačí dělení hrubší. Co se fyziky týče, setkáme se tu s názvy jevů (*radiation, degradation, deliquescence, phase transitions*), částic (*neutrons, molecules, nucleus*), i vědních disciplín (*nuclear physics, thermodynamics, quantum mechanics, nanotechnology*). I z biologie zde nalezneme širokou škálu termínů od těch nejjobecnějších (*organisms, biomass, metabolize*), přes mikrobiologii (*bacteria, microbes, spores*), přes anatomii (*ribosome, cell, muscles*) až po pojmy související s evolucí (*natural selection, species perpetuation*). Z astronomie se setkáme s pojmy jako *probe, asteroid, craft, solar system* či *Big Bang*. Do chemického sémantického pole spadají pojmy a termíny jako *gaseous, dissipative structures, nucleic acid, petrochemical smog* či názvy specifických látek jako *methane* nebo *aminoacyl-tRNA synthetase*. Z geologie si zmíníme *volcanic eruption* či *accretion*; z filozofie pojmy *vitalism, teleology, entelechy* a z matematiky například *theory of computation* či *possibility space*. Za zmínku také stojí fakt, že autor není konsistentní v pravopisu slova *metre/meter* týče. V překládané kapitole se setkáme s *metre* v kontextu jednotek míry, ale když je řeč o „stroji na měření života“, uchyluje se k pravopisu americkému.

Co se **syntaxe** týče, v textu se setkáme primárně s dlouhými rozvitými souvětími, a to parataktickými i hypotaktickými. Na tomto souvětí si můžeme demonstrovat hned několik rysů, které jsou pro tento text typické: „*Scattered amid the outcrops of desert rock are weird, sand-encrusted shapes, pillars rising to a height of a metre or so, rounded and knobbed, resembling a riot of sculptures that might have been designed by Salvador Dalí*“. Dochází zde ke kondenzaci pomocí jmenných tvarů slovesných. Podle Duškové (2012) jsou tyto polovětné konstrukce v angličtině mnohem častější než v češtině, kde by byly většinou nahrazeny větami vedlejšími.⁴¹ Tento. Jev autorovi umožňuje vytvářet dlouhá souvětí, která si však přesto zachovávají svou přehlednost. V češtině je takováto souvětí často nutná pro přehlednost rozdělit do několika kratších celků, aby se čtenář v něm dokázal lépe orientovat a chápat vztahy mezi jednotlivými větami. V případě „*Pillars rising to a height of a metre or so*“ a „*resembling a riot of sculptures [...]*“ se setkáme s přítomným, které zastává funkci přívlastku a do češtiny bychom ho mohli přeložit jako vztažnou větu. Funkci přívlastku zde zastává i participium minulé (*Scattered amid the outcrops [...]*). Najdeme zde i příklad přístavku nerestriktivního neboli volného: „*pillars rising to height of a metre or so*“. Mezi členy takovéhoho apozičního vztahu panuje významová ekvivalence a jejich pořadí nemusí být závazné.⁴² V textu se celkově

⁴¹ Dušková (2012), s. 542

⁴² Dušková (2012), s. 503

setkáme s velkým množstvím přístavků, přičemž těsné/restriktivní jsou o něco častější. Autor jich užívá pro popis osob (*the philosopher Aristotle, the 19th century embryologist Hans Dreisch, the physicist Hermann von Helmholtz*), míst a vesmírných těles (*the Atacama Desert, Mponeng gold mine, the moon Titan, Mount Improbable*) i děl a lidských výtvorů (*Schrödinger's book What is Life?, the Cassini spacecraft*). Přístavky volné se tu vyskytují jak oddělené čárkami ([...] *Gil Levin, now an Adjunct Professor at ASU*), tak pomlčkami (*Metabolism – the flow of energy and material through organisms – is necessary [...]*). Ne celý text je však vystavěn z dlouhých komplexních souvětí; setkáme se i s různými jednoduchými větami a řečnickými otázkami, které zvyšují dynamičnost textu. Ačkoli to není pravidlem, vyskytují se často na začátku odstavce, pomáhají čtenáře textem provádět a poskytují mu jakýsi „záchytný bod“, kde se může připravit na další výklad (*Astrobiologists took a keen interest in the Cassini mission; Of course, we do not possess a life meter; The issue is not merely a philosophical poser.*)

Dále se zaměříme na **suprasegmentální prvky**. Autor užívá kurzívy, pro účely zvýraznění slov a vět, které si zaslouží zvláštní důraz, latinských názvů a cizích slov obecně, ale také titulů knih, přednášek, vědeckých prací atd. V první kapitole se setkáme i s jedním případem zvýraznění písma tučného, a to v místě, kde autor vyslovuje svou základní tezi (a zaslouží si tedy zvláštní důraz). V textu se setkáme s velkým množstvím autorských vsuvek a poznámek. Jsou graficky odděleny buď pomocí čárek, nebo typičtěji spíše pomlček pro vyšší přehlednost (*For such a force actually to accomplish something it must – like all forces – be able to move matter.*). Najdeme zde však i příklady vsuvek v závorkách (*There is a dictum in science that if something is real, then we ought to be able to measure it (and perhaps even tax it).*) V textu se příliš citací nevyskytuje, ale když na ně narazíme, jsou oddělené jednoduchými uvozovkami (čili tohoto typu 'X'). Častěji jsou zde uvozovky používány spíše pro zvýraznění obraznějších výrazů (*Results such as these gave Dreisch the impression that the embryonic cells possessed some 'idea in advance' of the final shape [...]*) a definic (*Derived from the Latin word moles, the term 'molecule' came into vogue in eighteenth-century France to mean 'extremely small mass'.*). Orientaci v textu napomáhá výrazné grafické oddělení rámečků s doplněním výkladu, ale například také různé velikosti písma v hlavním těle textu a popiscích.

2.2.3. Textové funkce a stylistické zařazení

Roman Jakobson rozlišuje šest základních jazykových funkcí. Těmi je funkce referenční, emotivní/expresivní, konativní, fatická, metajazyková a poetická. Většina textů v sobě spojuje hned několik různých funkcí, ale jedna z nich bývá dominantní. Ve výchozím textu se uplatňuje primárně funkce referenční, ale důležité postavení zde má i funkce emotivní, fatická, konativní a v neposlední řadě poetická.

Jak již bylo zmíněno, nejvýrazněji se projevuje funkce **referenční**. Autor čtenáře obeznamuje s poznatky na poli mnoha různých vědních oborů, a jak mohou přispívat k odhalení podstaty a vzniku života. Kompiluje bádání vědců v průběhu let, kriticky se nad ním zamýšlí a zasazuje ho do kontextu svého vlastního výzkumu. Samotný věcný obsah textu je nejpodstatnější aspekt tohoto díla.

Emotivní funkce textu je zde také velice prominentní. Autor do textu často vstupuje, osobitě se k němu vyjadřuje (*There are certainly non-living systems that are also far out of equilibrium and likewise have good staying power. My favourite example is the Great Red Spot of Jupiter, which is a gaseous vortex that has endured ever since the planet has been observed through telescopes and shows no sign of going away.*), žertuje a obrací se ke čtenáři a vztahuje svůj výklad k sobě samému (*I became fascinated with this conundrum after reading Schrödinger's book What is Life? as a student.*) V textu vystupuje v ich-formě. Chvillemi text téměř působí konverzačním dojmem, čímž se výklad, který by jinak mohl čtenáře odradit svou obtížností a formálností, znatelně polidšťuje

Funkce **fatická** a **konativní** jsou úzce propojené. Autor čtenáře oslovuje, komunikuje s ním a zahrnuje ho do svého výzkumu (*We have now reached the nexus at which the disparate realms of biology and physics, of life and non-life, meet.*) Komunikace se čtenářem je dosaženo především pomocí řečnických otázek: ptá se na otázky, které čtenář pravděpodobně má, a sám na ně později odpovídá (*How can we link abstract information to the physics of molecules?*) Tím, že autor čtenáře do svého výkladu zapojuje, v něm vyvolává pocit, že na vše přichází společně s ním, a motivuje ho tak se v tomto ohledu dále vzdělávat nebo, lépe, v jeho výzkumu pokračovat.

Poetická funkce má rovněž na podobu textu nezanedbatelný vliv. Text má za cíl nejen čtenáře vzdělat, ale také pobavit. Jak je zřejmé z kapitoly o lexiku, autor využívá výrazů knižních (*exodus, aeons, elucidation*) i výrazu expresivních (*mutilate, mishmash, lurk*). Setkáme se zde s humornými pasážemi, poetickými popisy přírody (*Scattered amid the outcrops of desert rock are weird, sand-encrusted shapes, pillars rising to a height of a metre or so, rounded and knobbed, resembling a riot of sculptures that might have been designed by Salvador Dalí.*) i zajímavými obraznými výrazy a přirovnáními (*degree of aliveness; life meter; [...] which when cooled to liquid-helium temperatures have been found to simply shut down yet revert to business as usual when they are warmed up again.*) a dalšími prostředky, které slouží k uměleckému povznesení textu.

Podle Marie Čechové (2003) vydělujeme v české stylistice čtyři základní funkční styly (prostěsdělovací, odborný, publicistický a umělecký), někdy doplněné o tři další – těmi jsou styl administrativní, řečnický a esejistický⁴³. Styl výchozího textu lze pravděpodobně nejlépe

⁴³ Čechová (2003), s. 39

definovat jako popularizační/populárně naučný, což je podkategorie vydělená ze stylu odborného. Oproti typickému odbornému stylu má styl popularizační blíže ke krásné literatuře a má tendenci beletrizovat. Do výkladu je často zapojováno vyprávění a vyjadřování celkově může být hovorovější. Čechová rovněž tvrdí, že terminologie u populárně naučného stylu bývá omezována na nezbytné minimum, protože texty jsou určeny pro recipienta, který má nevelké znalosti z oboru.⁴⁴ Pokud bychom se měli striktně držet všech aspektů této definice, nejspíše by neodpovídala zcela. Z předchozí analýzy je zřejmé, že vědomostní nároky na čtenáře jsou velmi vysoké – *The Demon in the Machine* je velmi náročný text, plný složitých a abstraktních konceptů, předpokládající poměrně rozsáhlé znalosti několika vědních oborů. Fakt, že se jedná o odborný text s výraznými estetizujícími a beletrizujícími prvky, je však nasnadě. Díky autorově snaze podat výklad čtenářsky přívětivým způsobem je text stylově heterogenní – prolíná se zde neutrální a odborná slovní zásoba s barvitým jazykem uměleckým, knižním a expresivním; věcnost s humorem a zajímavými metaforami; a odborný výklad s výrazným autorským subjektem.

2.3. Překladatelská metodika

Jiří Levý (1998) rozlišuje u reprodukčního umění, tedy i překladu, dvě normy: normu reprodukční (věrnosti) a normu „uměleckosti“ (krásy). V různých historických dobách se k překladu přistupovalo různě, a vyzdvihovala se více jedna či druhá norma. Důležité však při překladu je neopomínat ani jeden z těchto aspektů a nalézt mezi nimi ideální rovnováhu. Přeložené dílo by mělo nejen přesnou reprodukci, ale také dílem samo o sobě.⁴⁵ Při procesu překladu jsem vycházela z této koncepce. Mým cílem bylo dosáhnout rovnováhy mezi věrností a uměleckostí a vytvořit text, který by byl funkčně ekvivalentní a působil na cílového čtenáře stejným, nebo minimálně podobným, dojmem jako text výchozí.

Při hledání překladatelských řešení jsem brala v potaz své poznatky z překladatelské analýzy, tedy požadavky na cílového čtenáře, jazykový úzus v rámci populárně vědecké literatury i českou jazykovou normu. Rovněž jsem se snažila replikovat dojem, který by zamýšlený čtenář originálního textu z díla měl mít. Ne vždy jsem přistupovala v textu stejně – některé pasáže byly výkladovější a poskytovaly méně místa pro uměleckou interpretaci, a proto jsem se soustředila hlavně na srozumitelnost a přesnost textu, zatímco u některých uvolněnějších pasáží jsem se snažila zachovat především jejich estetickou hodnotu. Text především pro myšleného cílového čtenáře však musí působit co nejpřirozenějším dojmem. Proto jsem svá překladatelská řešení volila tak, abych co nejhlaději překlenula inherentní rozdíly mezi českým a anglickým jazykem, kulturou a územ, ať už lexikologické nebo stylistické povahy. Příkladem toho je rozvolňování dlouhých kondenzovaných souvětí či opis výrazů/termínů, pro které v češtině není ekvivalent.

⁴⁴ Čechová (2003) s. 189

⁴⁵ Levý (1998), s. 88–89

Mým cílem tedy ve zkratce bylo vytvořit ekvivalentní překlad, který bude na cílového čtenáře působit stejným dojmem, jakým dle autorova záměru měl působit text výchozí. Ačkoli bylo zásadní z výchozího textu zachovat co nejvíce, občas bylo v zájmu maximalizování přirozenosti v českém jazyce a čtenářské přístupnosti nutné se uchýlit k volnějšímu překladu.

2.4. Překladatelské problémy a jejich řešení

Analýza výchozího textu a definování překladatelské metody byly zásadním východiskem pro hledání optimálního překladatelského řešení konkrétních problémů, které si rozebereme blíže v následující kapitole. Jednotlivé překladatelské problémy jsou rozděleny do několika kategorií: syntaktické, lexikální a pragmatické; tyto kategorie nejsou zcela neprostupné. Pokud je překladatelský problém „multidisciplinární“, prozkoumáme ho z několika úhlů najednou. U každého problému si uvedeme typické zástupce. Rovněž se zde budeme zabývat překladatelskými posuny, které s tématem překladatelských problémů souvisejí.

V této kapitole se budeme opírat především o práci Libuše Duškové (2012), Jiřího Levého (1998), Dagmar Knittlové (2010), Edity Gromové (2003).

2.4.1. Syntaktická/gramatická rovina

Na této rovině se často setkáme s tzv. konstitutivními posuny, ke kterým dochází na základě rozdílnosti mezi jazykovým kódem originálu a překladu – tedy rozdílnou jazykovou a stylistickou normou výchozího a cílového jazyka. Uplatňuje se zde více hledisko lingvistické než interpretační.⁴⁶ Překladatel tyto systematické rozdíly mezi jazyky musí zohledňovat a vyrovnávat. V následující kapitole rozebereme, jak konkrétně jsem k této problematice při překladu přistupovala.

2.4.1.1. Kondenzace

Velice častým problémem, se kterým jsem se při převodu Daviesova textu z angličtiny do češtiny setkávala, byla dlouhá souvětí, jak již bylo naznačeno v analýze syntaxe výchozího textu. Tato dlouhá souvětí mohou existovat díky tomu, že angličtina nabízí možnost kondenzace pomocí polovětných konstrukcí. Systém jmenných tvarů je v angličtině mnohem rozvinutější než v češtině a častěji se jmenné tvary (čili infinitiv, participium, ale oproti češtině navíc gerundium) také uplatňují jako větné kondenzátory.⁴⁷ Překladatel do češtiny je nucen, vzhledem k její chudosti v tomto ohledu, takovéto konstrukce převádět pomocí

⁴⁶ Gromová (2003), s. 45–46

⁴⁷ Dušková (2012), s. 542

vedlejších/vztažných vět, což často vede k nutnosti – v zájmu zachování přehlednosti – souvětí rozdělovat do menších celků. Podle Levého (1998) by se překladatel měl mít před nadbytečným užíváním vztažných vět na pozoru, protože finální text pak může působit pedantským, dřevěným dojmem. Pokud se překladatel k takovýmto stereotypním řešením uchyluje příliš často, může zřejmá překladovost textu upoutat čtenářovu pozornost.⁴⁸ Možných řešení však naštěstí existuje více. Uvedeme si několik příkladů.

*Schrödinger's own contribution had begun in 1926 with a new equation that still bears his name, **describing** how electrons and other subatomic particles move and interact.*

Schrödingerův první přínos kvantové mechanice je z roku 1926. Jedná se o rovnici, která dodnes nese jeho jméno a popisuje, jak se chovají a jak interagují elektrony a další subatomární částice.

V tomto případě jsem souvětí s participiem ve funkci přívlastku nahradila parataktickým (slučovacím) vztahem mezi dvěma vedlejšími větami.

*Life does not merely effect these changes opportunistically, it diversifies and adapts, **invading** new niches and **inventing** ingenious mechanisms to make a living, **sometimes in extraordinary ways.***

Život své okolí neovlivňuje jen pouhým nedopatřením. Rozrůžňuje se a přizpůsobuje, zaplňuje „mezery na trhu“ a přichází s novými důmyslnými způsoby, jak přežít. Tyto způsoby jsou však občas poněkud nezvyklé.

Zde bylo dlouhé souvětí z výchozího textu rozděleno pro zvýšení čtenářského pohodlí v překladu do tří samostatných vět. Setkáme se tu opět s participiem přítomným jako prostředkem kondenzace – tentokrát však vyjadřuje několik souběžně probíhajících dějů. I zde jsem převedla polovětné konstrukce na plnohodnotné věty v parataktickém vztahu. Dovětek „*sometimes in extraordinary ways*“ nese vzhledem ke své koncové poloze velkou sdělnou hodnotu. Abych zachovala tematicko-rematickou výstavbu věty, rozhodla jsem se ho vydělit od zbytku souvětí a přetvořit v samostatnou větu.

***Scattered** amid the outcrops of desert rock are weird, **sand-encrusted** shapes, pillars **rising** to a height of a metre or so, **rounded and knobbed, resembling** a riot of sculptures that might have been designed by Salvador Dalí.*

⁴⁸ Levý (1998), s. 76

Rozeseté mezi tyčícími se pouštními skálami viděli podivné, pískem obalené tvary, připomínající zhruba metr vysoké sloupy. Byly zaoblené a hrbolaté a připomínaly sbírku surrealistických soch, za niž by se nemusel stydět ani sám Salvador Dálí.

Zde bylo opět poměrně dlouhé a složité souvětí rozdělené do několika menších, čtenářsky přívětivějších celků. Nominální polovětné konstrukce byly nahrazeny plnohodnotnými větami (jako v případě *resembling a riot of sculptures/připomínaly sbírku surrealistických soch*; dochází zde také k **explicitaci**), ale můžeme zde vidět i příklad české věty, kde byl nominální ráz věty výchozí zachován (*sand-encrusted shapes/pískem obalené tvary*). V případě *připomínající zhruba metr vysoké sloupy* došlo v češtině oproti angličtině dokonce k ještě další kondenzaci.

K **dekondenzaci** a zároveň **explicitaci** dochází i v případě nadpisu jedné z podkapitol: *THE VEXING PROBLEM OF THE LIFE METER/MŮŽEME VYROBIT PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ ŽIVOTA?* Pojem *life meter* může odkazovat jak k přístroji tak k jakési škále, přičemž oba tyto koncepty jsou pouze teoretické, ale já jsem ho rozvedla a jeho význam tak specifikovala. Titulek jsem pojala jako otázku, abych zachovala význam slova *problem* bez nutnosti ho specificky použít. Zároveň však došlo ke ztrátě slova *vexing* (v překladu obtížný/nepříjemný) a tedy určité **nivelizaci**.

*In the metaphor, the ancestors of today's complex life forms (such as humans) can be envisaged as **climbing** higher and higher up the mountain (in the complexity sense) over billions of years.*

Dawkinsovu metaforu si můžeme představit tak, že předchůdci dnešních komplexních forem života (například lidí) miliardy let šplhali čím dál výš na pomyslnou horu (ve smyslu complexity).

Zde si můžeme povšimnout příkladu souvětí, které v češtině zůstalo zachováno, ale nominální *can be envisaged as climbing* bylo přetransformováno do vedlejší věty způsobové. Rovněž zde dochází k **explicitaci**, která kompenzuje chybějící určitý člen v českém jazyce a napomáhá kohezi. Tímto příkladem se také dostáváme k problematice pasiva.

2.4.1.2. Pasivum

Hlavní funkcí pasiva je vyjádření slovesného děje bez konatele, nebo vyjádření všeobecného lidského konatele, čehož se uplatňuje často v odborném stylu.⁴⁹ Tak tomu je i v předešlém příkladě. Ačkoli je systém pasiva v češtině bohatší (nejen se sponovým slovesem být, ale také

⁴⁹ Dušková (2012), s. 259

zvrtné a jednočlenné), není tak časté, především v beletrii⁵⁰, a jeho nadužívání může působit poněkud nepřírozně.

V případě výše zmíněného příkladu jsem se uchýlila k převodu pasiva do rodu činného. Toto rozhodnutí rovněž přispívá určité „kontaktočnosti“ a pomáhá čtenáře do výkladu více zapojit.

*Or the tiny eight-legged animals **called** tardigrades (water bears), which **when cooled** to liquid-helium temperatures **have been found** to simply shut down yet revert to business as usual when they **are warmed up** again?*

A co ta malá osminohá zvířátka známá jako želvušky, která se po ochlazení na teplotu tekutého hélia „pozastaví“, ale vrátí se k životu, když se opět ohřejí?

V tomto příkladě dochází k hned několika zajímavým jevům. Můžeme si povšimnout značné kondenzace, která zde však zůstává zachována – jak v případě *called tardigrades/známá jako želvušky* tak v případě *when cooled/po ochlazení*. Druhý příklad je obzvlášť zajímavý, protože se jedná o participium ve funkci přechodníku, ale zároveň pasivum. Český překlad jsem pojala velmi nominálně, takže jsem se vyhnula nutnosti určovat původce ochlazení, který z originálu není zřejmý. Dále zde došlo k určité ztrátě modalit vynecháním „*have been found*“; to však bylo obětováno ve prospěch jednak přehlednosti a jednak paralelnosti s předchozí větou (*A co třeba mikroby v klidovém stadiu, které ale nejsou mrtvé, jako bakterie, jež vytvářejí spory, když jsou podmínky nepříznivé, a jsou neaktivní, dokud se podmínky nezlepší, a ony opět „neobživnou“?*). V neposlední řadě si můžeme povšimnout užití specificky českého zvrtného pasiva (*se ohřejí*).

Jak bylo řečeno, ačkoli v češtině není užívání pasiva tak rozšířené jako v angličtině, přesto se s ním setkáme – v odborných textech častěji než v beletrii. To reflektuje i překládaný text. Zdá se, že jsem téměř zpravidla měla větší tendenci pasivum zachovávat v odbornějších, více výkladových pasážích. Uvedme si několik příkladů:

*The carbon in the broth was radioactively tagged so it **could be spotted** if it emerged as CO₂.
And it **was** indeed **spotted**.*

Uhlík v živinovém roztoku byl radioaktivně označen, aby ho bylo možné pozorovat v případě, že bude vyloučen jako součást CO₂ (proto název Labeled Release, pozn. přek.). A opravdu zpozorován byl.

⁵⁰ Knittlová (2010), s. 123

*If we could be certain that terrestrial life was the only sort possible, we could design equipment to detect organic molecules sufficiently complex that they **could be produced** only by known biology.*

Pokud bychom věděli, že život může existovat jen ve stejné podobě jako na planetě Zemi, mohli bychom vytvořit přístroj na detekci organických molekul natolik komplexních, aby bylo možné s jistotou říci, že byly vyprodukovány známými biologickými procesy.

*The information needed to build a given protein **is stored** in segments of DNA as a specific sequence of 'letters': A, C, G, T.*

Informace nutné pro tvorbu dané bílkoviny jsou uloženy v segmentech DNA jako specifické kombinace „písmen“: A, C, G a T.

2.4.2. Lexikální rovina

Tuto kapitulu bych chtěla pojmut jako přehled několika zajímavých překladatelských problémů a jejich řešení. Zaměříme se zde především na jeden aspekt překladu, se kterým jsem se jakožto laik při procesu překladu potýkala nejvíce, a tím je pojmová ekvivalence. Většina překladatelských problémů v této kapitole by byla s největší pravděpodobností nečinila někomu s řádným formálním vzděláním v oboru teoretické fyziky (a dalších) takové potíže. Své chybějící vzdělání jsem se snažila kompenzovat důkladnou rešerší.

2.4.2.1. Ekvivalence

Ačkoli v textu najdeme množství úplných ekvivalentů (*heritable information/dědičná informace*, *aminoacids/aminokyseliny*, *double-helix/dvoušroubovice*...), za bližší zkoumání stojí ekvivalenty částečné, nejasné nebo dokonce chybějící.

Specificky záležitost pojmové ekvivalence se ukázala být při překladu poměrně častým a zapeklitým problémem. Jako překladatel a jen laický zájemce o problematiku, kterou se Davies zabývá (teoretickou fyziku, biologii), nemám dostatečné znalosti z oboru, abych mohla s určitostí tvrdit, že jsou pojmy a termíny užívané v textu zcela ekvivalentní. Bez důkladné rešerše by překlad takového textu nebyl možný. Ačkoli to bezpochyby není řešení optimální, pro ověření ekvivalence fyzikálních apod. pojmů jsem se často obracela k *Wikipedii* a její funkcí přepínání mezi různými jazykovými verzemi článků, což mi mnohdy poskytlo východisko pro další výzkum. Jedním z důvodů, proč nebylo vždy snadné najít odpovídající ekvivalent daného termínu, patrně bude fakt, na který jsme narazili již při analýze vnětextových faktorů, a sice, že

angličtina je *lingua franca* vědy. Tato skutečnost je povětšinou jev pozitivní, avšak má za následek také to, že vědecký výzkum probíhající v menších světových jazycích za angličtinou zaostává a v některých moderních vědních oborech česká terminologie není příliš zavedená nebo dokonce úplně chybí. Demonstrujme si to na několika příkladech.

Velmi obtížný se ukázal být pojem *theory of computation*. Článek *Theory of Computation*⁵¹ odkazoval jen k velice stručnému článku ve slovenštině s názvem *Teória algoritmů*⁵². Když jsem zkusila pojem teorie algoritmů vyhledat, narazila jsem na český článek jménem *Výpočetní model (teorie algoritmů)*⁵³, který obsahoval několik pojmů, jímž by *theory of computation* mohlo odpovídat (*teorie vyčíslitelnosti/computability theory* a *teorie složitosti/computational complexity theory*). Když jsem zkusila *theory of computation* volně přeložit jako *výpočetní teorii* a tento pojem vyhledat, narazila jsem v seznamu výsledků vyhledávání na několik odvětví, které tuto frázi mají v názvu: *VT percepce*, *VT strojového učení*, *VT her* atd. V zájmu minimalizování rizika chybného překladu jsem se rozhodla jít cestou nejobecnějšího pojmu, tedy *teorie algoritmů*. Domněnku správnosti mého řešení ve mně utvrdila i existence předmětu jménem *Teorie algoritmů*⁵⁴, vyučovaného na ČVUT.

Dalším problematickým termínem bylo *possibility space*. Podle Iana Bogota se pro *possibility space* občas užívá pojem *probability space*⁵⁵, který má vlastní článek na *Wikipedii*⁵⁶, kde však o slově *possibility* není ani zmínka. Česká verze tohoto článku⁵⁷ nese název *Pravděpodobnostní prostor*, což bylo i mnou zvolené řešení. Ohledně ekvivalence tohoto termínu si však stále nejsem jistá.

Příkladem termínu, kterému český ekvivalent zcela chybí, je *Labeled Release*. V českých člancích se název tohoto experimentu užívá ve svém původním znění^{58,59}. Český překlad se mi dohledat nepodařilo. Ve svém překladu jsem pomocí poznámky (*Uhlík v živinovém roztoku byl*

⁵¹ Wikipedia.org. *Theory of computation*. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_computation

⁵² Wikipedia.org. *Teória algoritmů* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z:

https://sk.wikipedia.org/wiki/Teória_algoritmů

⁵³ Wikipedia.org. *Výpočetní model (teorie algoritmů)* [online] [cit. 2024-12-29] Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Výpočetní_model_\(teorie_algoritmů\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Výpočetní_model_(teorie_algoritmů))

⁵⁴ Bilakniha.cvut.cz. *Teorie algoritmů* [online] [cit. 2024-12-29] Dostupné z:

<https://bilakniha.cvut.cz/cs/predmet4695106.html#gsc.tab=0>

⁵⁵ BOGOST, Ian. 2017 : *WHAT SCIENTIFIC TERM OR CONCEPT OUGHT TO BE MORE WIDELY KNOWN?*. Edge [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.edge.org/response-detail/27105>

⁵⁶ Wikipedia.org. *Probability space* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Probability_space

⁵⁷ Wikipedia.org. *Pravděpodobnostní prostor* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Pravděpodobnostní_prostor

⁵⁸ ZAPLETAL, Martin, 2006. 30. VÝROČÍ VIKINGŮ ANEB MARS MRTVÝ STÁLE (A ČÍM DÁL VÍCE).

Hvězdárna Vsetín [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://www.hvezdarna-vsetin.cz/pages/viewa559.php?cislocclanku=2006080003>

⁵⁹ KUBALA, Petr, 2010. *Experimenty sondy Viking a život na Marsu*. [online] Science WORLD [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/experimenty-sondy-viking-a-zivot-na-marsu-5762/>

radioaktivně označen, aby ho bylo možné pozorovat v případě, že bude vyloučen jako součást CO₂ (proto název Labeled Release, pozn. přek.) dovysvětlila souvislost jména experimentu s jeho náplní, která ve výchozím textu byla zřejmá.

Dalším z problémů, týkajících se ekvivalence, byla otázka, zda je český termín na stejné úrovni odbornosti jako ten převzatý z latiny. Tak to bylo v případě slov *bílkovina/protein* a *komplexní/složitý*. *Bílkovina* není, co se odbornosti týče, na nižší úrovni než *protein*. Pro český termín jsem se rozhodla z důvodu zvýšení čtenářské přístupnosti textu, který je i tak velice složitý a obsahuje značné množství pojmů. Jako český ekvivalent slova *complex* jsem naopak většinou volila verzi převzatou – *komplexní*, a to z toho důvodu, že slovo *složitý* může ve čtenáři evokovat spíše „obtížnost“, což není žádoucí.

2.4.2.2. Termín či obrazné vyjádření:

Překladačské problémy tohoto typu byly vyvolané částečně povahou žánru populárně naučné literatury jako takové a jednak, jako v předcházející části, mým chybějícím formálním vzděláním. Populárně naučná literatura má za cíl nejen podat výklad, ale také čtenáře bavit, což vysvětluje užívání poetizujících jazykových prostředků a postupů vlastních beletrii. Daviesův text je však také velice multidisciplinární a terminologicky hutný. Problém tedy spočívá v tom, že pro někoho, kdo není ve fyzice/biologii vysokoškolsky vzdělán, může být obtížné rozeznat kvůli hustotě vědeckých termínů v textu, zda je opravdu každý výraz, který jako termín vypadá, termínem nebo se jedná o obrazné vyjádření. Potýkala jsem se například s výrazy:

Functional form – (uspořádány do složitých trojrozměrných) tvarů, které určují jejich funkci

Energy-driven chemical cycles – chemické reakce poháněné energií

(Evolutionary) novelty – vznik nových organismů

Far-from-equilibrium thermodynamics – odvětví termodynamiky zabývající se zkoumáním systémů ve velice nerovnovážném stavu

I přes důkladnou rešerši se mi nepodařilo spolehlivě určit, zda se skutečně jedná o termíny, a proto jsem se, v zájmu minimalizování rizika zanesení faktických chyb, rozhodla tyto pasáže spíše opsat a zachovat jejich význam než hledat odpovídající přesný ekvivalent, pokud ovšem vůbec existuje.

2.4.3. Pragmatická rovina

2.4.3.1. Názvy institucí

V překládaném textu se setkáme jen s několika názvy institucí a u každé byla uplatněná jiná metoda převodu do češtiny. V případě *Trinity College in Dublin* jsem ponechala její původní

název, protože je pod tímto názvem proslavená, ačkoli je pouze jednou ze součástí Dublinské univerzity⁶⁰. Pro *Institute for Advanced Studies* neexistuje dle všeho zavedený český ekvivalent, takže jsem název této instituce musela přeložit (*Institut pro pokročilá studia*). Poslední zmíněnou institucí je *Arizona State University*, která je v textu zastoupená pouze zkratkou *ASU*. Pro tu již existuje zažitý název *Arizonská státní univerzita*. Pro uvedení celého názvu, a ne zkratky *ASU* jsem se rozhodla s přihlédnutím k předpokládaným vědomostem čtenáře. Myšlený čtenář výchozího textu pravděpodobně pochází z anglofonního prostředí, a tudíž mu tato zkratka může být povědomá. Český čtenář však nejspíše s touto zkratkou do styku běžně nepřijde. Co se *NASA* týče, jedná se o instituci tak hluboce kulturně zakořeněnou, že její název by bylo zbytečné (*Americký Národní úřad pro letectví a vesmír*), a mohlo by čtenáře zkrátit zdánlivě zavádějící specifičnost. Zkratku jsem tedy ponechala.

2.4.3.2. *Míry*

Ačkoli v autor dlouhodobě působí ve Spojených státech amerických, užívá metrické soustavy (kilometry, stupně Celsia, gramy...). V knize, ne však v překládané kspitole, se setkáme na několika místech i s mílemi, ale jejich užití většinou slouží pro obrazné vyjádření toho, že je něco velmi daleko (*Running a heat engine backwards – spending energy to pump heat from cold to hot – is the basis of the refrigerator, one of the more lucrative inventions of the Industrial Revolution because it allowed meat to be frozen and transported over **thousands of miles**.*). Pro českého čtenáře není tedy nutné jednotky převádět.

2.4.3.3. *Velká písmena u vědeckých teorií*

Problém mi specificky činila *teorie velkého třesku* a její pravopis. Zdá se, že úzus není jednoznačný – v důvěryhodných zdrojích jsem se setkala s malým písmenem⁶¹, i s velkým⁶². Po důkladném zvážení jsem se rozhodla použít písmeno malé, ale stále si nejsem správností tohoto řešení zcela jistá.

2.4.3.4. *Akademické prostředí*

Jediný problematický pojem z akademického prostředí v překládaném textu pro mě představoval *Adjunct Professor*. Narazila jsem na několik možností, které by tomuto pojmu mohly odpovídat, a sice *mimořádný profesor*, *hostující profesor*, *pomocný profesor* a *asistent profesora*. Abych se vyhnula potenciální faktické chybě, rozhodla jsem se pro **implicitaci**:

[...] *engineer Gil Levin, now an **Adjunct Professor** at ASU.*

[...] *Gilem Levinem, inženýrem, který v současnosti působí na Arizonské Státní Univerzitě*

⁶⁰ Wikipedia.org. *Dublinská univerzita* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Dublinská_univerzita

⁶¹ ZATOČILOVÁ, Iveta. *Důkaz pro velký třesk. Před 60 lety bylo objeveno reliktní záření.* [online] In: Matfyz.cz, 2023 [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/dukaz-pro-velky-tresk-pred-60-lety-bylo-objeveno-reliktni-zareni>

⁶² Teorie Velkého třesku. In: *Encyklopedie fyziky* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1172-teorie-velkeho-tresku>

2.4.3.5. Jména

Co se jmen týče, uvažovala jsem, zda počestit jméno rusko-belgického chemika Ilyi Prigogina. S počestěnou verzí jeho jména (*Ilja Prigožin*) se sice můžeme setkat⁶³, vzhledem k tomu, že knihy ale vycházejí pod jeho jménem v původní podobě⁶⁴, tedy *Ilya Prigogine*, rozhodla jsem se ji respektovat. Zachováním původní podoby jeho jména jsem také chtěla, vzhledem k událostem minulých let, zamezit neúmyslné záměně s ruským oligarchou Jevgenijem Prigožinem.

2.4.4. Další překladatelské problémy

V překládaném textu se vyskytlo snad jen jedno místo, kde jsem se musela uchýlit k velmi volnému překladu a velké míře explicitace. Jedná se o popis tabulky č. 1:

The table shows the coding assignments used by all known life. The amino acids which the triplets of letters (codons) code for are listed to the right of the codons, as abbreviations (e.g. Phe = phenylalanine; the names of all these molecules are unimportant for my purposes). A historical curiosity: the existence of some form of genetic code was originally suggested in a letter to Crick and Watson dated 8 July 1953 by a cosmologist, George Gamow, better known for his pioneering work on the Big Bang.

Tabulka ukazuje, jak jsou u všech známých živých organismů zakódované aminokyseliny. Střídají se zde sloupečky s kodony (trojice velkých písmen) a sloupečky s aminokyselinami, jež tyto kodony kódují. Aminokyseliny jsou zde označeny zkratkami (např. Phe = fenylalanin...), protože jejich přesné názvy pro naše potřeby nejsou podstatné. Historická zajímavost: Kosmolog George Gamow spekuloval o existenci jakéhosi genetického kódu v dopise Cricku a Watsonovi (objevitelům struktury DNA) datovaném 8. června 1953, tedy 8 let předtím, než se genetický kód podařilo rozluštit. George Gamowa možná znáte jako průkopníka teorie velkého třesku.

Ve snaze vytvořit stručné, kondenzované instrukce ke čtení tabulky autor vytvořil text, který je příliš stručný, aby byl srozumitelný, ale zároveň obsahuje příliš informací, pro které chybí kontext, takže působí nevyrovnaným a matoucím dojmem. Raději jsem se, než abych se snažila samotný text co možná nejpřesněji přeložit, zaměřila na jeho smysl a reformulovala ho tak, aby plnil svou funkci, tedy předal čtenáři instrukce, jak tabulku číst.

⁶³ Wikipedia.org. *Ilja Prigogine* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ilja_Prigogine

⁶⁴ Databazeknih.cz. *Ilya Prigogine*. [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.databazeknih.cz/search?in=authors&q=prigogine&hledat=>

Zároveň zde zůstává otázka oné historické zajímavosti, která ve výchozím textu působí velmi nekompletním dojmem. Aby text dával smysl, od čtenáře by se muselo očekávat, že bude z hlavy vědět nejen, kdo jsou Crick a Watson, kdy přesně byla struktura DNA objevena, ale také proč by Cricka a Watsona měl zmíněný dopis vůbec zajímat. Taková „historická zajímavost“ je tedy pro valnou většinu čtenářů nic neříkající. Rozhodla jsem se tedy text rozšířit a doplnit o chybějící kontext.

Ačkoli tato pasáž byla jediná, kterou bych označila za doslova problematickou, určitá míra nevyváženosti množství nutného výkladu byla patrná v celém překládaném textu, jak již bylo naznačeno v analýze vnětextových faktorů. Abych vyrovnala informační hustotu některých pasáží, které na mě působily nevyváženým dojmem, přidala jsem několik vysvětlujících poznámek, označených *pozn. překl.* Jedná se především o dodatečné definice filozofických a jiných pojmů:

teleologie– „*nauka o účelu vysvětlující přírodní jevy konečným cílem*“ (pozn. překl., *Velký lékařský slovník, Teleologie [online]* <https://lekarske.slovníky.cz/pojem/teleologie>)

disipativní struktury – *Pokud je taková struktura v rovnováze a neměnná, chová se jako „mrtvá“. Pokud je „živá“, dochází v ní k uspořádaným reakcím; může se měnit a vyvíjet. „Živá“ disipativní struktura také musí být zpočátku v kontaktu s okolím a musí být živena. Jakmile je však „ustavena“, může existovat i v uzavřeném systému (pozn. překl.)*

autoreferenční jevy – *Přímý nebo nepřímý odkaz k sobě samému, pozn. překl.*

Posledním problémem, na který bych se v této práci chtěla zaměřit, je „rubrika“, se kterou se setkáme v průběhu celé knihy, nesoucí název *Box*. Nalézt vhodný ekvivalent tohoto jednoduchého, citově nezabarveného slova bylo poměrně obtížné hned z několika důvodů: jednak by to měl být název dostatečně chytlavý, jednak by měl vystihovat funkci této rubriky (poskytnout dodatečné informace, které nejsou součástí hlavního výkladu) a jednak by měla být zachována určitá metaforičnost, které si můžeme povšimnout v nadpisu prvního výskytu této rubriky: *Box 1: The magic puzzle box*. Vzhledem k tomu, že se v předcházejícím textu hovořilo o Schrödingerovi, nabízí se tento název vnímat jako humorný odkaz na Schrödingerův slavný experiment. Slovo *krabice* však neposkytuje dostatečné informace o funkci těchto vsuvek. Dále jsem zvažovala slovo *rámeček*, které by sice vystihovalo podobu této rubriky, ale naopak mu zcela chyběla chytlavost. Nakonec jsem zvolila slovo *okénko*, které jednak poměrně doslovně vystihuje formát rubriky a jednak metaforičtěji vystihuje jeho funkci (*okénko* umožňuje čtenáři „nahlédnout“ hlouběji do probírané problematiky).

Závěr

Cílem této práce bylo přeložit kompletní první kapitolu z knihy *The Demon in the Machine* Paula Daviese a tento překlad následně doplnit o překladatelský komentář.

První kapitola slouží jako úvod k Davisově hypotéze, že základem všeho života je informace. Tato kniha nepředkládá jednu ucelenou teorii a autor netvrdí, že zná všechny odpovědi, ale spíše představuje podměty a východiska pro další budoucí bádání. Při překladu první kapitoly jsem vycházela z překladatelské analýzy textu výchozího, na základě které jsem založila svou překladatelskou metodu. Od té se pak dále odvíjelo také řešení specifických překladatelských problémů, na které jsem v průběhu práce narážela. Poměrně časté byly vzhledem k povaze textu problémy terminologické, pramenící jednak z nedostatečného fyzikálního vzdělání na mé straně, ale také – možná překvapivě – z toho, že daná terminologie vzhledem k rozšířenosti angličtiny ve vědě v češtině ani neexistuje. Důkladná rešerše byla zcela nepostradatelná.

Ačkoli obsahová správnost byla zásadní, důležité bylo rovněž zachovat autorův lidský a čtivý styl, který knihu s takto velice náročnou tematikou zpřístupňuje širšímu čtenářstvu. Nesměla jsem se tedy soustředit jen na faktičnost, ale také na zachování beletrizujícího a poetického rázu výchozího textu, který je pro populárně vědeckou typický. Zcela největší prioritu však mělo vytvoření čtenářsky přívětivého textu českého – proto někdy doslovnost a přesnost byla obětována ve prospěch srozumitelnosti a přirozenosti. Vzhledem k rozdílnosti češtiny a angličtiny nutně muselo dojít k určitým posunům, ale text by přesto měl v cílovém čtenáři vyvolávat co nejpodobnější dojem jako v čtenáři výchozím. Doufám, že se v případě mého textu nejednalo o posuny negativní a že přispěly k vytvoření kvalitního finálního produktu.

Seznam použité literatury:

Primární zdroje:

DAVIES, Paul. *The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Finally Solving the Mystery of Life*. Londýn: Penguin Books, 2020.

Sekundární zdroje:

Lingvistika a translatologie:

ČECHOVÁ, Marie. *Současná česká stylistika*. Praha: ISV, 2003.

DUŠKOVÁ, Libuše et al. *Mluvnice současné angličtiny na pozadí češtiny*. 4. vyd. Praha: Academia, 2012.

JAKOBSON, Roman et al. Lingvistika a poetika. In: *Poetická funkce*. Jinočany: H & H., 1995, s. 74–105.

KNITTLOVÁ, Dagmar et al. *Překlad a překládání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, 2010.

LEVÝ, Jiří. *Umění překladu*. 3. vydání, upr. a rozš. verze 2. Praha: Ivo Železný, 1998.

NORD, Christiane. *Text Analysis in Translation: Theory Methodology, and Didactic Application of a Model for Translation-Oriented Text Analysis*. 2. vyd. Amsterdam: Brill, 2006.

Profil cílového textu:

Academia.cz. *O nás*. [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.academia.cz/nakladatelstvi/O-Nas/>

Amazon.co.uk. *The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Finally Solving the Mystery of Life* [online] [cit. 2024-12-18] Dostupné z: https://www.amazon.co.uk/Demon-Machine-Information-Finally-Solving/dp/0141986409/ref=tmm_pap_swatch_0?encoding=UTF8&sr=

ASU. *Paul Davies* [online] [2024-11-30] Dostupné z: <https://search.asu.edu/profile/979476>

Databazeknih.cz. *Paul Davies* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.databazeknih.cz/autori/paul-davies-18818>

FULLER, Amanda E. *Paul Davies* [online] In: Encyclopædia Britannica [cit. 2024-11-09] Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Paul-Davies>

GRONSTAL, Aaron. *In Memoriam, Dr Gil Levin* [online] In: Astrobiology ar NASA, 2021 [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://astrobiology.nasa.gov/news/in-memoriam-dr-gil-levin/>

Luxor.cz. *Naučná literatura* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9565/knihy-naucna-literatura>

Luxor.cz. *Odborná a technická literatura* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9567/knihy-odborna-a-technicka-literatura>

Luxor.cz. *Přírodní vědy* [online] [cit. 2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/c/9657/knihy-odborna-a-technicka-literatura-prirodni-vedy>

Luxor.cz. *Život na Zemi – Nejúžasnější příběh všech dob* [online] [2024-12-16] Dostupné z: <https://www.luxor.cz/v/1972599/zivot-na-zemi-nejuzasnejsi-pribeh-vsech-dob>

PANKO, Ben, 2017. *English Is the Language of Science. That Isn't Always a Good Thing.* [online] In: Smithsonian Magazine [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/english-language-science-can-cause-problems-180961623/>

Penguin.co.uk. *Allen Lane* [online] [cit. 2024-12-17] Dostupné z: <https://www.penguin.co.uk/company/publishers/penguin-press/allen-lane>

Penguin.co.uk. *Science & Nature* [online] [2024-12-16] Dostupné z: <https://www.penguin.co.uk/search-results?tab=books&categoryLabel=PW-201700&format=Paperback>

Tantor.com. *About Tantor Audio* [online] [cit. 2024-12-18] Dostupné z: <https://tantor.com/about-us>

ŠKORPÍK, Vítězslav, 2023. *Kvantová fyzika, kvantová komunikace a kosmický výzkum* [online] In: Kosmonautix.cz [cit. 2024-12-17] Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2023/10/21/kvantova-fyzika-kvantova-komunikace-a-kosmicky-vyzkum/>

Wikipedia.org. *Paul Davies* [online] [cit. 2024-11-10] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Davies

Živa [online] [cit. 2024-12-15] Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz>

Rešerše k překladu:

Amazon.com. *Quasispecies: From Theory to Experimental Systems* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.amazon.com/Quasispecies-Experimental-Systems-Microbiology-Immunology/dp/3319238973>

Aminoacyl t-RNA syntetázy. In: *Velký lékařský slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/aminoacyl-trna-syntetazy>

Bilakniha.cvut.cz. *Teorie algoritmů* [online] [cit. 2024-12-29] Dostupné z: <https://bilakniha.cvut.cz/cs/predmet4695106.html#gsc.tab=0>

BOGOST, Ian. 2017 : *WHAT SCIENTIFIC TERM OR CONCEPT OUGHT TO BE MORE WIDELY KNOWN?*. [online] In: Edge [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.edge.org/response-detail/27105>

BOROVÍČKA, Jiří. *Poslové z vesmíru, meteory a meteority*. Ústav teoretické fyzika a astrofyziky Masarykovy univerzity [přednáška, online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://astro.physics.muni.cz/download/documents/slides/u3v_2018_10.pdf

Databazeknih.cz. *Ilya Prigogine*. [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.databazeknih.cz/search?in=authors&q=prigogine&hledat=>

Entelechie. In: *Sociologická encyklopedie* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Entelechie>

Enzym. In: *Velký lékařský slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/enzym>

KUBALA, Petr, 2010. *Experimenty sondy Viking a život na Marsu* [online] In: Scienceworld.cz [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/experimenty-sondy-viking-a-zivot-na-marsu-5762/>

MARTINEK, František, 2017. *Vodní led na Marsu i v blízkosti rovníku – využijí jej kolonisté?* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/slunecni-soustava/vodni-led-na-marsu-i-v-blizkosti-rovniku-vyuziji-jej-koloniste.html>

Mediátorová RNA. In: *Velký lékařský slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/mediatorova-rna>

Mikrob. In: *Internetová jazyková příručka* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://prirucka.ujc.cas.cz/?slovo=mikrob>

Mořská mlha. In: *Elektronický meteorologický slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/2084>

Prebiotic. In: *Merriam-Webster* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/prebiotic>

Physicstasks.eu. *Základy typografie – časté chyby* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://physicstasks.eu/1936/zaklady-typografie---caste-chyby>

Přenos elektrické energie. In: *Encyklopedie fyziky* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/334-prenos-elektricke-energie>

SRBA, Jiří, 2015. *Složité organické molekuly v mladém hvězdném systému* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/exoplanety/slozite-organicke-molekuly-v-mladem-hvezdnem-systemu.html>

ŠTINDLOVÁ, Jitka. *Zaměřil dalekohled na Jupiter nebo na Jupitera?* In: *Naše řeč*, ročník 49 (1966), číslo 4, s. 247-249 [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://nase-rec.ujc.cas.cz/archiv.php?art=5229>

Teleologie. In: *Velký lékařský slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/teleologie>

Teorie Velkého třesku. In: *Encyklopedie fyziky* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1172-teorie-velkeho-tresku>

Wikipedia.org. *Autoreference* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Autoreference>

- Wikipedia.org. *Ilja Prigogine* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ilja_Prigogine
- Wikipedia.org. *Ontogeneze* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ontogeneze>
- Wikipedia.org. *Bílkovina* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bílkovina>
- Wikipedia.org. *Inertní plyny* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Inertní_plyny
- Wikipedia.org. *Theory of computation*. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_computation
- Wikipedia.org. *Teória algoritmov* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Teória_algoritmov
- Wikipedia.org. *Výpočetní model (teorie algoritmů)* [online] [cit. 2024-12-29] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Výpočetní_model_\(teorie_algoritmů\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Výpočetní_model_(teorie_algoritmů))
- Wikipedia.org. *Probability space* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Probability_space
- Wikipedia.org. *Pravděpodobnostní prostor*. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pravděpodobnostní_prostor
- Wikipedia.org. *Dublinská univerzita* [online] [cit. 2024-12-30] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dublinská_univerzita
- YIN, Ruiyu. Concept and Theory of Dynamic Operation of the Manufacturing Process. In: *Theory and Methods of Metallurgical Process Integration*. Academic Press, 2016. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/dissipative-structure>
- ZAPLETAL, Martin. 30. VÝROČÍ VIKINGŮ ANEB MARS MRTVÝ STÁLE (A ČÍM DÁL VÍCE). Hvězdárna Vsetín, 2006. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://www.hvezdarna-vsetin.cz/pages/viewa559.php?cislocianku=2006080003>
- ZATOČILOVÁ, Iveta. *Důkaz pro velký třesk. Před 60 lety bylo objeveno reliktní záření*. [online] In: Matfyz.cz, 2023 [cit. 2024-12-30] Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/dukaz-pro-velky-tresk-pred-60-lety-bylo-objeveno-reliktni-zareni>
- Zoologie pro veterinární mediky. *Ostnokožci*. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://www.zoologie.frasma.cz/mmp%20215%20ostnokozi/ostnokozi.html>

Slovníky a příručky:

- Cambridge University Press. *Cambridge English Dictionary* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/>
- Citace.zcu.cz. *Citační norma ČSN ISO 690:2022 – Bibliografické citace* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://citace.zcu.cz/home.html>

Česká meteorologická společnost. *Elektronický meteorologický slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>

Český národní korpus. *KonText* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.korpus.cz/kontext/query?corpname=syn2020>

Glosbe.com. *Slovník češtino-angličtina* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://cs.glosbe.com/cs/en>

Lingea.cz. *Anglicko-český praktický slovník* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://slovníky.lingea.cz/anglicko-cesky>

Merriam-Webster. *Dictionary* [online] [cit. 2024-12-25] <https://www.merriam-webster.com/>

Oxford University Press. *Oxford Advanced Learner's Dictionary* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>

Sociologický ústav AV ČR. *Sociologická encyklopedie* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Hlavní_strana

Velký lékařský slovník [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://lekarske.slovníky.cz>

Ústav pro jazyk český Akademie věd České republiky. *Internetová jazyková příručka* [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://prirucka.ujc.cas.cz>

Ústav pro jazyk český akademie věd. *Jazyková poradna*. [online] [cit. 2024-12-25] Dostupné z: <https://dotazy.ujc.cas.cz/odpovedi/>

Příloha



1

What is Life?

In February 1943 the physicist Erwin Schrödinger delivered a series of lectures at Trinity College in Dublin called *What is Life?* Schrödinger was a celebrity, a Nobel prizewinner, and world famous as an architect of quantum mechanics, the most successful scientific theory ever. It had already explained, within a few years of its formulation in the 1920s, the structure of atoms, the properties of atomic nuclei, radioactivity, the behaviour of subatomic particles, chemical bonds, the thermal and electrical properties of solids and the stability of stars.

Schrödinger's own contribution had begun in 1926 with a new equation that still bears his name, describing how electrons and other subatomic particles move and interact. The decade or so that followed was a golden age for physics, with major advances on almost every front, from the discovery of antimatter and the expanding universe to the prediction of neutrinos and black holes, due in large part to the power of quantum mechanics to explain the atomic and subatomic world. But those heady days came to an abrupt end when in 1939 the world was plunged into war. Many scientists fled Nazi Europe for Britain or the United States to assist the Allied war effort. Schrödinger joined the exodus, leaving his native Austria after the Nazi takeover in 1938, but he decided to make a home in neutral Ireland. Ireland's president, Éamon de Valera, himself a physicist, founded a new Institute for Advanced Studies in 1940 in Dublin. It was de Valera himself who invited Schrödinger to Ireland, where he stayed for sixteen years, accompanied by both wife and mistress living under the same roof.

In the 1940s biology lagged far behind physics. The details of life's basic processes remained largely mysterious. Moreover, the very nature of life

seemed to defy one of physics' fundamental laws – the so-called second law of thermodynamics – according to which there is a universal tendency towards degeneration and disorder. In his Dublin lectures Schrödinger set out the problem as he saw it: 'how can the events in space and time which take place within the spatial boundary of a living organism be accounted for by physics and chemistry?' In other words, can the baffling properties of living organisms ultimately be reduced to atomic physics, or is something else going on? Schrödinger put his finger on the key issue. For life to generate order out of disorder and buck the second law of thermodynamics, there had to be a molecular entity that somehow *encoded* the instructions for building an organism, at once complex enough to embed a vast quantity of information and stable enough to withstand the degrading effects of thermodynamics. We now know that this entity is DNA.

In the wake of Schrödinger's penetrating insights, which were published in book form the next year, the field of molecular biology exploded. The elucidation of the structure of DNA, the cracking of the genetic code and the merging of genetics with the theory of evolution followed swiftly. So rapid and so sweeping were the successes of molecular biology that most scientists adopted a strongly reductionist view: it did indeed seem that the astonishing properties of living matter could ultimately be explained solely in terms of the physics of atoms and molecules, without the need for anything fundamentally new. Schrödinger himself, however, was less sanguine: '... living matter, while not eluding the "laws of physics" as established up to date, is likely to involve "other laws of physics" hitherto unknown ...' he wrote.¹ In this he was not alone. Fellow architects of quantum mechanics such as Niels Bohr and Werner Heisenberg also felt that living matter might require new physics.

Strong reductionism still prevails in biology. The orthodox view remains that known physics alone is all that is needed to explain life, even if most of the details haven't been entirely worked out. I disagree. Like Schrödinger, I think living organisms manifest deep new physical principles, and that we are on the threshold of uncovering and harnessing those principles. What is different this time, and why it has taken so many decades to discover the real secret of life, is that the new physics is not simply a matter of an additional type of force – a 'life force' – but something altogether more subtle, something that interweaves matter and information, wholes and parts, simplicity and complexity.

That 'something' is the central theme of this book.

Box 1: The magic puzzle box

Ask the question ‘What is life?’ and many qualities clamour for our attention. Living organisms reproduce themselves, explore boundless novelty through evolution, invent totally new systems and structures by navigating possibility space along trajectories impossible to predict, use sophisticated algorithms to compute survival strategies, create order out of chaos, going against the cosmic tide of degeneration and decay, manifest clear goals and harness diverse sources of energy to attain them, form webs of unimaginable complexity, cooperate and compete ... the list goes on. To answer Schrödinger’s question we have to embrace *all* these properties, connecting the dots from across the entire scientific spectrum into an organized theory. It is an intellectual adventure that interweaves the foundations of logic and mathematics, paradoxes of self-reference, the theory of computation, the science of heat engines, the burgeoning achievements of nanotechnology, the emerging field of far-from-equilibrium thermodynamics and the enigmatic domain of quantum physics. The unifying feature of all these subjects is *information*, a concept at once familiar and pragmatic but also abstract and mathematical, lying at the foundation of both biology and physics.

Charles Darwin famously wrote, ‘It is interesting to contemplate a tangled bank, clothed with many plants of many kinds, with birds singing on the bushes, with various insects flitting about, and with worms crawling through the damp earth, and to reflect that these elaborately constructed forms, so different from each other, and dependent upon each other in so complex a manner, have all been produced by laws acting around us.’² What Darwin didn’t envisage is that threading through this manifest material complexity (the hardware of life) was an even more breathtaking *informational* complexity (the software of life), hidden from view but providing the guiding hand of both adaptation and novelty. It is here in the realm of information that we encounter life’s true creative power. Now, scientists are merging the hardware and software narratives into a new theory of life that has sweeping ramifications from astrobiology to medicine.

GOODBYE LIFE FORCE

Throughout history it was recognized that living organisms possess strange powers, such as the ability to move autonomously, to rearrange their environment and to reproduce. The philosopher Aristotle attempted to capture

this elusive otherness with a concept known as *teleology* – derived from the Greek word *telos*, meaning ‘goal’ or ‘end’. Aristotle observed that organisms seem to behave purposefully according to some pre-arranged plan or project, their activities being directed or pulled towards a final state, whether it is seizing food, building a nest or procreating through sex.

In the early scientific era the view persisted that living things were made of a type of magic matter, or at least normal matter infused with an added ingredient. It was a point of view known as *vitalism*. Just what that extra essence might be was left vague; suggestions included air (the breath of life), heat, electricity, or something mystical like the soul. Whatever it might be, the assumption that a special type of ‘life force’ or ethereal energy served to animate matter was widespread into the nineteenth century.

With improvements in scientific techniques such as the use of powerful microscopes, biologists found more and more surprises that seemed to demand a life force. One major puzzle concerned embryo development. Who could not be astonished by the way that a single fertilized egg cell, too small to see with the unaided eye, can grow into a baby? What guides the embryo’s complex organization? How can it unfold so reliably to produce such an exquisitely arranged outcome? The German embryologist Hans Dreisch was particularly struck by a series of experiments he performed in 1885. Dreisch tried mutilating the embryos of sea urchins – a favourite victim among biologists – only to find they somehow recovered and developed normally. He discovered it was even possible to disaggregate the developing ball of cells at the four-cell stage and grow each individual cell into a complete sea urchin. Results such as these gave Dreisch the impression that the embryonic cells possessed some ‘idea in advance’ of the final shape they intended to create and cleverly compensated for the experimenter’s meddling. It was as if some invisible hand supervised their growth and development, effecting ‘mid-course corrections’ if necessary. To Dreisch, these facts constituted strong evidence for some form of vital essence, which he termed *entelechy*, meaning ‘complete, perfect, final form’ in Greek, an idea closely related to Aristotle’s notion of teleology.

But trouble was brewing for the life force. For such a force actually to accomplish something it must – like all forces – be able to move matter. And at first sight, organisms do indeed seem to be self-propelled, to possess some inner source of motive power. But exerting any kind of force involves expending energy. So, if the ‘life force’ is real, then the transfer of energy should be measurable. The physicist Hermann von Helmholtz investigated this very issue intensively in the 1840s. In a series of experiments he applied pulses of electricity to muscles extracted from frogs, which caused them to twitch, and carefully measured the minute changes in temperature that accompanied the movement. Helmholtz concluded that it was chemical

energy stored in the muscles that, triggered by the jolt of electricity, became converted into the mechanical energy of twitching which, in turn, degraded into heat. The energy books balanced nicely without any evidence of the need for additional vital forces to be deployed. Yet it took several more decades for vitalism to fade away completely.^{fn1}

But even without a life force, it's hard to shake the impression that there is *something* special about living matter. The question is, what?

I became fascinated with this conundrum after reading Schrödinger's book *What is Life?* as a student. At one level the answer is straightforward: living organisms reproduce, metabolize, respond to stimuli, and so forth. However, merely listing the properties of life does not amount to an *explanation*, which is what Schrödinger sought. As much as I was inspired by Schrödinger's book, I found his account frustratingly incomplete. It was clear to me that life must involve more than just the physics of atoms and molecules. Although Schrödinger suggested that some sort of new physics might be at play, he didn't say what. Subsequent advances in molecular biology and biophysics gave few clues. But very recently the outline of a solution has emerged, and it comes from a totally novel direction.

LIFE SPRINGS SURPRISES

'Base metals can be transmuted into gold by stars, and by intelligent beings who understand the processes that power stars, and by nothing else in the universe.'

– David Deutsch³

Understanding the answer to Schrödinger's question 'What is life?' means abandoning the traditional list of properties that biologists reel off, and beginning to think about the living state in a totally new way. Ask the question, 'How would the world be different if there were no life?' It is common knowledge that our planet has been shaped in part by biology: the build-up of oxygen in the atmosphere, the formation of mineral deposits, the worldwide effects of human technology. Many non-living processes also reshape the planet – volcanic eruptions, asteroid impacts, glaciation. The key distinction is that life brings about processes that are not only unlikely but *impossible* in any other way. What else can fly halfway round the world with pinpoint precision (the Arctic tern), convert sunlight into electrical energy with 90 per cent efficiency (leaves) or build complex networks of underground tunnels (termites)?

Of course, human technology – a product of life – can do these things too, and more. To illustrate: for 4.5 billion years, since the solar system formed, Earth has accumulated material – the technical term is 'accretion' – from asteroid and comet impacts. Objects of various sizes, from hundreds of

kilometres across to tiny meteoric grains, have rained down throughout our planet's history. Most people know about the dinosaur-destroying comet that slammed into what is now Mexico 65 million years ago, but that was just one instance. Aeons of bombardment means that our planet is slightly heavier today than it was in the past. Since 1958, however, 'anti-accretion' has occurred.⁴ Without any sort of geological catastrophe, a large swarm of objects has gone the other way – up from Earth into space, some to travel to the moon and planets, others to journey into the void for good; most of them have ended up orbiting Earth. This state of affairs would be impossible based purely on the laws of mechanics and planetary evolution. It is readily explained, however, by human rocket technology.

Another example. When the solar system formed, a small fraction of its initial chemical inventory included the element plutonium. Because the longest-lived isotope of plutonium has a half-life of about 81 million years, virtually all the primordial plutonium has now decayed. But in 1940 plutonium reappeared on Earth as a result of experiments in nuclear physics; there are now estimated to be a thousand tonnes of it. Without life, the sudden rise of terrestrial plutonium would be utterly inexplicable. There is no plausible non-living pathway from a 4.5-billion-year-old dead planet to one with deposits of plutonium.

Life does not merely effect these changes opportunistically, it diversifies and adapts, invading new niches and inventing ingenious mechanisms to make a living, sometimes in extraordinary ways. Three kilometres below ground in South Africa's Mponeng gold mine colonies of exotic bacteria nestle in the microscopic pores of the torrid, gold-bearing rocks, isolated from the rest of our planet's biosphere. There is no light to sustain them, no organic raw material to eat. The source of the microbes' precarious existence is, astonishingly, radioactivity. Normally deadly to life, nuclear radiation emanating from the rocks provides the subterranean denizens with enough energy by splitting water into oxygen and hydrogen. The bacteria, known as *Desulforudis audaxviator*, have evolved mechanisms to exploit the chemical by-products of radiation, making biomass by combining the hydrogen with carbon dioxide dissolved in the scalding water that suffuses the rocks.

Eight thousand kilometres away, in the desiccated heart of the Atacama Desert in Chile, the fierce sun rises over a unique landscape. As far as the eye can see there is only sand and rock, unrelieved by signs of life. No birds, insects or plants embellish the view. Nothing scrambles in the dust, no green patches betray the presence of even simple algae. All known life needs liquid water, and it virtually never rains in this region of the Atacama, making it the driest, and deadest, place on the Earth's surface.

The core of the Atacama is Earth's closest analogue to the surface of Mars, so NASA has a field station there to test theories about Martian soil. The

scientists went originally to study the outer limits of life – they like to say they are looking for death, not life – but what they found instead was startling. Scattered amid the outcrops of desert rock are weird, sand-encrusted shapes, pillars rising to a height of a metre or so, rounded and knobbed, resembling a riot of sculptures that might have been designed by Salvador Dalí. The mounds are in fact made of salt, remnants of an ancient lake long since evaporated. And inside the pillars, literally entombed in salt, are living microbes that eke out a desperate existence against all the odds. These very different weird organisms, named *Chroococcidiopsis*, get their energy not from radioactivity but, more conventionally, from photosynthesis; the strong desert sunlight penetrates their translucent dwellings. But there remains the question of water. This part of the Atacama Desert lies about a hundred kilometres inland from the cold Pacific Ocean, from which it is separated by a mountain range. Under the right conditions, fingers of sea mist meander through the mountain passes at night when the temperature plunges. The dank air infuses water molecules into the salt matrix. The water doesn't form liquid droplets; rather, the salt becomes damp and sticky, a phenomenon well known to those readers who live in wet climes and are familiar with obstinate salt cellars. The absorption of water vapour into salt is called deliquescence, and it serves well enough – just – to keep the microbes happy for a while before the morning sun bakes the salt dry.

Desulforudis audaxviator and *Chroococcidiopsis* are two examples illustrating the extraordinary ability of living organisms to survive in dire circumstances. Other microbes are known to withstand extremes of cold or heat, salinity and metal contamination, and acidity fierce enough to burn human flesh. The discovery of this menagerie of resilient microbes living on the edge (collectively called extremophiles) overturned a long-standing belief that life could flourish only within narrow margins of temperature, pressure, acidity, and so forth. But life's profound ability to create new physical and chemical pathways and to tap into a range of unlikely energy sources illustrates how, once life gets going, it has the potential to spread far beyond its original habitat and trigger unexpected transformations. In the far future, humans or their machine descendants may reconfigure the entire solar system or even the galaxy. Other forms of life elsewhere in the universe could already be doing something similar, or may eventually do so. Now that life has been unleashed into the universe, it has within it the potential to bring about changes of literally cosmic significance.

THE VEXING PROBLEM OF THE LIFE METER

There is a dictum in science that if something is real, then we ought to be able to measure it (and perhaps even tax it). Can we measure life? Or 'degree of

aliveness'? That may seem an abstract question, but it recently assumed a certain immediacy. In 1997 the US and European space agencies collaborated to send a spacecraft named *Cassini* to Saturn and its moons. Great interest was focused on the moon Titan, the largest in the solar system. Titan was discovered by Christiaan Huygens in 1655 and has long been a curiosity to astronomers, not only because of its size but because it is covered in clouds. Until the *Cassini* mission, what lay beneath was, literally, shrouded in mystery. The *Cassini* spacecraft conveyed a small probe, fittingly called Huygens, which was dropped through Titan's clouds to land safely on the moon's surface. Huygens revealed a landscape featuring oceans and beaches, but the oceans are made of liquid ethane and methane and the rocks are made of water ice. Titan is very cold, with an average temperature of -180°C .

Astrobiologists took a keen interest in the *Cassini* mission. It was already known that Titan's atmosphere is a thick petrochemical smog, its clouds replete with organic molecules. However, due to the extreme cold, this body could not sustain life as we know it. There has been some speculation that an exotic form of life might be able to use liquid methane as a substitute for water, though most astrobiologists do not think that likely. However, even if Titan is completely dead, it is still very relevant to the puzzle of life. In effect, it constitutes a natural chemistry laboratory that has been steadily cooking up complex organic molecules for its entire lifespan of 4.5 billion years. Put more colourfully, Titan is a kind of gigantic failed biology experiment – which gets us right to the heart of the 'what is life?' problem. If Titan has travelled, chemically speaking, part-way down the long and convoluted path that on Earth culminated in life, *how close* has Titan come to the finishing line labelled 'biology begins here'? Could it be that Titan is now in some sense fairly close to incubating life? Is there such a thing as 'almost life' that we might discover lurking in its murky clouds?

Put more starkly, is it possible to build some sort of life meter that can sample Titan's organic-laden atmosphere and deliver a number? Imagine a future mission followed by an announcement from the scientific team: 'Over a period of 4.5 billion years the smog on Titan succeeded in getting 87.3 per cent of the way to life.' Or perhaps, 'Titan managed to travel only 4 per cent of the long journey from organic building blocks to a simple living cell.'

These statements sound ridiculous. But why?

Of course, we do not possess a life meter. More to the point, it is very unclear how such a device would even work in principle. What exactly would it measure? Richard Dawkins introduced an engaging metaphor to illustrate the process of biological evolution, called Mount Improbable.⁵ Complex life is *a priori* exceedingly unlikely. It exists only because, starting with very simple microbial organisms, evolution by natural selection has incrementally fashioned it over immense periods of time. In the metaphor, the ancestors of

today's complex life forms (such as humans) can be envisaged as climbing higher and higher up the mountain (in the complexity sense) over billions of years. Fair enough. But what about the first step, the transformation from non-life to life, the road from a mishmash of simple chemicals to a primitive living cell? Was that also a climb up a sort of prebiotic, chemical version of Mount Improbable? It seems it must be so. The transition from a random mixture of simple molecules to a fully functional organism obviously didn't happen in one huge, amazing chemical leap. There must have been a long journey through intermediate steps. Nobody knows what those steps were (apart perhaps from the very first ones; see [here](#)). In fact, we don't know the answer to an even more basic question: was the ascent from non-life to life a long, gently sloping, seamless upward track from inanimate matter to biology, or did it feature a series of abrupt major transformations, akin to what in physics are called phase transitions (such as the jump from water to steam)? Nobody knows. In either case, however, the metaphor of a prebiotic Mount Improbable is useful, with the height up the mountain a measure of chemical complexity. Returning to the hypothetical life meter to be sent to Titan, if it existed, it could be regarded as a sort of complexity altimeter that would measure how far up the prebiotic Mount Improbable Titan's atmosphere had climbed.

Clearly something is missing in an account that focuses on chemical complexity alone. A recently deceased mouse is chemically as complex as a living mouse, but we wouldn't think of it as being, say, 99.9 per cent alive. It is simply dead.^{fn2} And what about the case of dormant but not actually dead microbes, such as bacteria that form spores when confronting adverse conditions, remaining inert until they encounter better circumstances and 'start ticking' again? Or the tiny eight-legged animals called tardigrades (water bears), which when cooled to liquid-helium temperatures have been found to simply shut down yet revert to business as usual when they are warmed up again? There will of course be limits to the viability of even these resilient organisms. Could a life meter tell us when a bacterial spore or a tardigrade has gone beyond the point of no return and will 'never wake up'?

The issue is not merely a philosophical poser. Saturn has another icy moon that has received a lot of attention in recent years. Called Enceladus, it is heated from within by tidal flexing of its solid core, brought about as the moon orbits the giant planet. So, although Enceladus is very far from the sun and has a frozen surface, beneath its icy crust lies a liquid ocean. The crust is not, however, perfectly intact. *Cassini* found that Enceladus is spewing material into space from gigantic fissures in the ice. And among the substances emanating from the interior are organic molecules. Do they hint at life lurking beneath the frigid surface? How could we tell?

NASA is planning a mission to fly through a plume of Enceladus in the 2020s with the express purpose of looking for traces of biological activity. But there is a pressing question: what instruments should go on this probe and what should they look for? Can we design a life meter for the journey? Even if it isn't possible to measure the 'degree of aliveness' precisely, could an instrument at least tell the difference between 'far from life', 'almost alive', 'alive', and 'once living but now dead'? Is that question even meaningful in the form stated?

The life-meter difficulty points at a wider problem. There is great excitement about the prospect of studying the atmospheres of extra-solar planets in enough detail to reveal the telltale signs of life at work. But what would be a convincing smoking gun? Some astrobiologists think atmospheric oxygen would be a giveaway, implying photosynthesis; others suggest methane, or a mixture of the two gases. In truth, there is no agreement, because all the common gases can be produced by non-biological mechanisms too.

A salutary lesson in the perils of defining life in advance came in 1976 when two NASA spacecraft called *Viking* landed on Mars. It was the first and last time that the US space agency attempted to do actual biological experiments on another planet, as opposed to simply studying whether the *conditions* for life may exist. One of the *Viking* experiments, Labelled Release, was designed by engineer Gil Levin, now an Adjunct Professor at ASU. It worked by pouring a nutrient medium onto some Mars dirt to see whether the broth was consumed by any resident microbes and converted into carbon dioxide waste. The carbon in the broth was radioactively tagged so it could be spotted if it emerged as CO₂. And it was indeed spotted.

Furthermore, when the sample was baked, the reaction stopped, as it would if Martian microbes had been killed by the heat. The same results were obtained on both *Viking* craft at different locations on Mars, and in repeated runs of the experiment. To this day, Gil claims he detected life on Mars and that history will eventually prove him right. NASA's official pronouncement, by contrast, is that *Viking* did *not* find life, and that the Labelled Release results were due to unusual soil conditions. Probably that's why the agency has never felt motivated to repeat the experiment.

This sharp disagreement between NASA and one of its mission scientists shows how hard it is in practice to decide whether life is present on another world if we have only chemistry to go on. *Viking* was designed to look for chemical traces of life as we know it. If we could be certain that terrestrial life was the only sort possible, we could design equipment to detect organic molecules sufficiently complex that they could be produced only by known biology. If the equipment found, say, a ribosome (a molecular machine needed to make proteins), biologists would be convinced that the sample was

either alive now, or had been alive in the near past. But how about simpler molecules used by known life such as amino acids? Not good enough: some meteorites contain amino acids that formed in space without the need for biological processes. Recently, the sugar glycolaldehyde was discovered in a gas cloud near a star 400 light years away, but on its own it is a far cry from a clear signature of life, as such molecules can form from simple chemistry. So it's possible to bracket the *range* of chemical complexity, but where along the line of molecules from amino acids and sugars to ribosomes and proteins could one say that life was *definitely* involved? Is it even possible to identify life *purely from its chemical fingerprint*?^{fn3} Many scientists prefer to think of life as a *process* rather than a thing, perhaps as a process that makes sense only on a planetary scale.⁶ (See [Box 12 in Chapter 6](#).)

THE TALE OF THE ANCIENT MOLECULE

Some type of life has existed on Earth for about 4 billion years. During that time there have been asteroid and comet bombardments, massive volcanism, global glaciation and an inexorably warming sun. Yet life in one form or another has flourished. The common thread running through the story of life on Earth – in this case, literally – is a long molecule called DNA, discovered in 1869 by the Swiss chemist Friedrich Miescher. Derived from the Latin word *moles*, the term ‘molecule’ came into vogue in eighteenth-century France to mean ‘extremely small mass’. Yet DNA is anything but small. Every cell in your body contains about two metres of it – it's a giant among molecules. Etched into its famous double-helix structure is the instruction manual for life. The basic recipe is the same for all known life; we share 98 per cent of our genes with chimpanzees, 85 per cent with mice, 60 per cent with chickens and more than half with many bacteria.

Box 2: Life's basic machinery

The informational basis of all life on Earth is the universal genetic code. The information needed to build a given protein is stored in segments of DNA as a specific sequence of ‘letters’: A, C, G, T. The letters stand for the molecules adenosine, cytosine, guanine and thymine, collectively known as bases, and they can be arranged in any combination along the DNA molecule. Different combinations code for different proteins. Proteins are made from other types of molecules called amino acids; a typical protein will consist of hundreds of amino acids linked end to end to form a chain. There are many amino acids, but life as we know it uses only a restricted

set of twenty (sometimes twenty-one). The chemical properties of a protein will depend on the precise sequence of amino acids. Because there are only four bases but twenty amino acids, DNA cannot use a single base to specify each amino acid. Instead, it uses groups of three in a row. There are sixty-four possible triplet combinations, or codons, of the four letters (for example, ACT, GCA ...). Sixty-four is more than enough for twenty amino acids, so there is some redundancy: many amino acids are specified by two or more different codons. A few codons are used for punctuation (for example, 'stop').

To 'read out' the instructions for building a given protein, the cell first transcribes the relevant codon sequence from DNA into a related molecule called mRNA (messenger RNA). Proteins are assembled by ribosomes, little machines that read off the sequence of codons from mRNA and synthesize the protein step by step by chemically linking together one amino acid to another. Each codon has to get the right amino acid for the system to work properly. That is achieved with the help of another form of RNA (transfer RNA, or tRNA for short). These short strands of RNA come in twenty varieties, each customized to recognize a specific codon and bind to it. Crucially, hanging on to this tRNA is the appropriate amino acid to match the codon that codes for it, waiting to be delivered to the growing chain of amino acids that will make up the functional protein when the ribosome has finished. For all this to work, the right amino acid from the set of twenty has to be attached to the corresponding variety of tRNA. This step happens care of a special protein with the daunting name of aminoacyl-tRNA synthetase. The name doesn't matter. What does matter is that the shape of this protein is specific to *both* tRNA and to the corresponding amino acid so it can attach the correct amino acid onto the corresponding variety of tRNA. As there are twenty different amino acids, there have to be twenty different aminoacyl-tRNA synthetases. Notice that aminoacyl-tRNA synthetases are the crucial link in the information chain. Biological information is stored in one type of molecule (DNA, a nucleic acid, which uses a triplet code with a four-letter alphabet), but it is intended for a completely different class of molecule (proteins, which use a twenty-letter alphabet). These two types of molecule speak a different language! But the set of aminoacyl-tRNA synthetases are bilingual: they recognize both codons and the twenty varieties of amino acids. These linking molecules are therefore absolutely critical to the universal genetic machinery that all known life uses.

Consequently, they must be very ancient and had better work very well. All life depends on it! Experiments show that they are indeed extremely reliable, getting it wrong (that is, bungling the translation) in only about 1 in 3,000 cases. It is hard not to be struck by how *ingenious* all this machinery is, and how astonishing that it remains intact and unchanged over billions of years.

The fact that all known life follows a universal script suggests a common origin. The oldest traces of life on Earth date back at least 3.5 billion years, and it is thought that some portions of DNA have remained largely unchanged in all that time. Also unchanged is the language of life. The DNA rule book is written in code, using the four letters A, C, G and T for the four nucleic acid bases which, strung together on a scaffold, make up the structure of the ancient molecule.^{fn4} The sequence of bases, when decoded, specifies the recipes for building proteins: the workhorses of biology. Human DNA codes for about 20,000 of them. Although organisms may have different proteins, all share the same coding and decoding scheme (Box 2 has details). Proteins are made from strings of amino acids hooked together. A typical protein consists of a chain of several hundred amino acids folded into a complex three-dimensional shape – its functional form. Life uses twenty (sometimes twenty-one) varieties of amino acids in various combinations. There are countless ways that sequences of A, C, G and T bases can code for twenty amino acids, but all known life uses the *same* assignments (see Table 1), suggesting it is a very ancient and deeply embedded feature of life on Earth, present in a common ancestor billions of years ago.^{fn5}

Although DNA is very ancient, other entities have staying power too: crystals, for example. There are zircons in Australia and Canada that have been around for over 4 billion years and have survived episodes of subduction into the Earth's crust. The chief difference is that a living organism is out of equilibrium with its environment. In fact, life is generally very *far* out of equilibrium. To continue to function, an organism has to acquire energy from the environment (for example, from sunlight or by eating food) and export something (for example, oxygen or carbon dioxide). There is thus a continuous exchange of energy and material with the surroundings, whereas a crystal is internally inert. When an organism dies, all that activity stops, and it steadily slides into equilibrium as it decays.

Table 1: The universal genetic code

	T		C		A		G	
T	TTT	Phe	TCT	Ser	TAT	Tyr	TGT	Cys
	TTC		TCC		TAC		TGC	
	TTA	Leu	TCA		TAA	STOP	TGA	STOP
	TTG		TCG		TAG		TGG	Trp
C	CTT	Leu	CCT	Pro	CAT	His	CGT	Arg
	CTC		CCC		CAC		CGC	
	CTA		CCA		CCA	Gln	CGA	
	CTG		CCG		CAG		CGG	
A	ATT	Ile	ACT	Thr	AAT	Asn	AGT	Ser
	ATC		ACC		AAC		AGC	
	ATA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg
	ATG	Met	ACG		AAG		AGG	
G	GTT	Val	GCT	Ala	GAT	Asp	GGT	Gly
	GTC		GCC		GAC		GGC	
	GTA		GCA		GAA	Glu	GGA	
	GTG		GCG		GAG		GGG	

The table shows the coding assignments used by all known life. The amino acids which the triplets of letters (codons) code for are listed to the right of the codons, as abbreviations (e.g. Phe = phenylalanine; the names of all these molecules are unimportant for my purposes). A historical curiosity: the existence of some form of genetic code was originally suggested in a letter to Crick and Watson dated 8 July 1953 by a cosmologist, George Gamow, better known for his pioneering work on the Big Bang.

There are certainly non-living systems that are also far out of equilibrium and likewise have good staying power. My favourite example is the Great Red Spot of Jupiter, which is a gaseous vortex that has endured ever since the planet has been observed through telescopes and shows no sign of going away (see [Fig. 1](#)). Many other examples are known of chemical or physical systems with a similar type of autonomous existence. One of these is convection cells, in which a fluid (for example, liquid water) rises and falls in a systematic pattern when heated from below. Then there are chemical reactions that generate spiral shapes or pulsate rhythmically ([Fig. 2](#)). Systems like these which display the spontaneous appearance of organized complexity were dubbed ‘dissipative structures’ by the chemist Ilya Prigogine, who championed their study in the 1970s. Prigogine felt that chemical dissipative

structures, operating far from equilibrium and supporting a continued throughput of matter and energy, represented a sort of waystation on the long road to life. Many scientists believe that still.

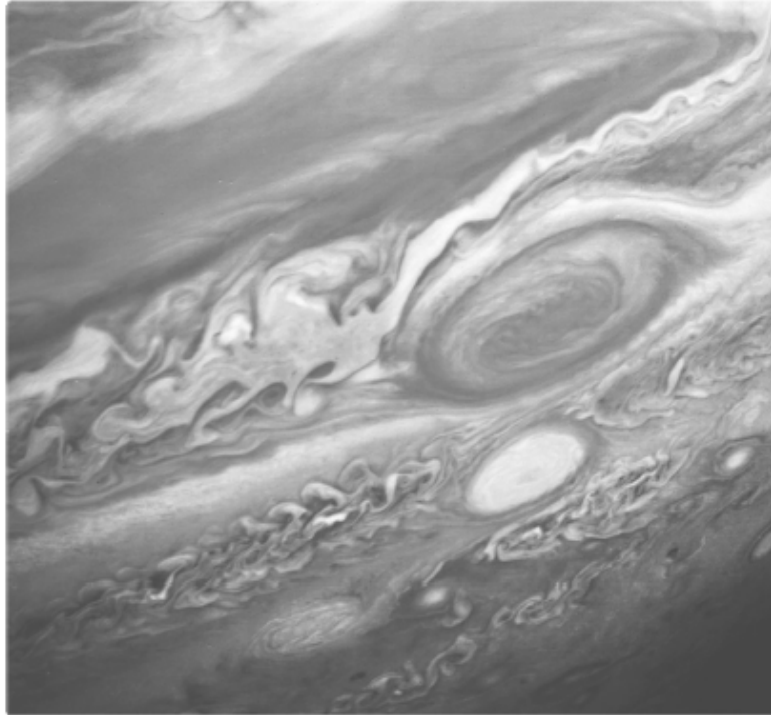


Fig. 1. Jupiter's Great Red Spot.

In living things, most chemical activity is handled by proteins. Metabolism – the flow of energy and material through organisms – is necessary for life to achieve anything, and proteins do the lion's share of metabolic work. If life got started (as Prigogine believed) via elaborate energy-driven chemical cycles, then proteins must have been early actors in the great drama of life. But on their own, proteins are largely useless. The all-important *organization* of life requires a great deal of choreography, that is, some form of command-and-control arrangement. That job is done by nucleic acids (DNA and RNA). Life as we know it involves a deal struck between these two very different classes of molecules: nucleic acids and proteins. The conundrum as most scientists see it is the chicken-and-egg nature of life: you can't have one without the other. Without a legion of proteins to fuss around it, a molecule of DNA is stranded. In simplistic terms, the job descriptions are: nucleic acids store the details about the 'life plan'; proteins do the grunt work to run the organism. *Both* are needed. So a definition of life must take this into account.

It needs to consider not just complex pattern-creating organized chemistry but *supervised or informed chemistry*: in short, chemistry plus *information*.



Fig. 2. A chemical 'dissipative structure'. When a particular chemical mixture is forced away from equilibrium it can spontaneously evolve stable forms of the type shown. The chemist Ilya Prigogine maintained that such systems represent the first steps on a long road to life.

LIFE = MATTER + INFORMATION

'Nothing in biology makes sense except in the light of information.'

Bernd-Olaf Küppers⁷

We have now arrived at a critical juncture.

The thing that separates life from non-life is *information*.

That's easy to state, but it needs some unpacking. Start with something simple: organisms reproduce and in so doing they pass on information about their form to their offspring. In that respect, reproduction is not the same as production. When dogs reproduce they make more dogs; cats make cats, humans make humans. The basic body plan propagates from one generation

to the next. But reproduction is more nuanced than mere species perpetuation. Human babies, for example, inherit some detailed characteristics from their parents or grandparents – red hair, blue eyes, freckles, long legs ... The best way to express inheritance is to say that *information* about earlier generations is passed along to the next – the information needed to build a new organism in the likeness of the old. This information is encoded in the organism's genes, which are replicated as part of the reproductive process. The essence of biological reproduction, then, is the replication of *heritable information*.

When Schrödinger gave his lectures in 1943 scientists were mostly in the dark about how genetic information was copied and passed on. Nobody really knew where this information was stored or how it was replicated. This was a decade before the discovery of the role of DNA in genetics. Schrödinger's great insight was to identify how information storage, processing and transmission must take place at the *molecular* level, on a nanoscale, within living cells.^{fn6} Furthermore, quantum mechanics – Schrödinger's own brainchild – was needed to explain the stability of the information storage. Although the genetic material was unknown, Schrödinger concluded it would involve a molecule with a definite structure which he termed 'an aperiodic crystal'. It was an extremely perceptive suggestion. A crystal has stability. But familiar crystals, like diamonds or salt, are periodic: simple, regular arrays of atoms. On the other hand, a molecule with crystalline levels of stability that could be *arbitrarily* structured might encode and store a vast amount of information. And that is precisely what DNA turned out to be: an aperiodic crystal. Both Crick and Watson, who discovered the structure of DNA a decade later, acknowledged that Schrödinger's book had given them essential food for thought in elucidating the form and function of the elusive genetic material.

Today, the informational basis of life has permeated every aspect of science. Biologists say that genes (definite sequences of bases in DNA) contain 'coded instructions' that are 'transcribed' and 'translated'. When genes are replicated, information is first copied and then proofread; errors are corrected if necessary. On the scale of tissues, 'signalling' molecules communicate information between neighbouring cells; other molecules circulate in the blood, sending signals between organs. Even single cells gather information about their environment, process it internally and respond accordingly. The pre-eminent information-processing system in biology is of course the brain, often compared (not very convincingly) to a digital computer. And beyond individual organisms lie social structures and ecosystems. Social insects like ants and bees transfer information to help them coordinate group activities such as foraging and nest-site selection. Birds aggregate into flocks and fish into shoals: information exchange lies at the heart of their coordinated behaviour. Primates organize themselves into

colonies with complex social norms maintained by many subtle forms of communication. Human society has spawned planet-wide information-processing systems like the World Wide Web. It is thus no surprise that many scientists now choose to *define* life in terms of its informational properties: ‘a chemical system in which the flow and storage of energy are related to the flow and storage of information’ is the way biophysicist Eric Smith expresses it.⁸

We have now reached the nexus at which the disparate realms of biology and physics, of life and non-life, meet. Although Schrödinger correctly put his finger on the existence of a link between molecular structure and information storage, his aperiodic crystal proposal glossed over a vast conceptual chasm. A molecule is a physical structure; information, on the other hand, is an abstract concept, deriving ultimately from the world of human communication. How can the chasm be bridged? How can we link abstract information to the physics of molecules? The first glimmerings of an answer came, as it happened, 150 years ago in the ferment of the Industrial Revolution, and it came from a subject that had less to do with biology and more with the nuts-and-bolts field of mechanical engineering.

EPIGRAPH

^{fn1} Max Delbrück, *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, vol. 38, 173–90 (December 1949)

WHAT IS LIFE?

^{fn1} Vitalism also suffered from being too close in concept to another nineteenth-century fad – spiritualism, with its bizarre stories of ectoplasm and aetheric bodies.

^{fn2} This is a simplification: different organs die at different rates, and the bacteria that inhabit the mouse may live on for ever.

^{fn3} Lee Cronin of the University of Glasgow has proposed a measure of chemical complexity based on the number of steps needed to produce a given large molecule.

^{fn4} When information from DNA is transcribed into RNA, T is substituted for a slightly different molecule labelled U, which stands for uracil.

^{fn5} A terminological point: scientists cause much confusion when they refer to an organism's 'code' when they really mean coded genetic data. Your genetic data and mine differ, but we have the same genetic code.

^{fn6} A nanometre is one billionth of a metre. 'Nanotechnology' refers to engineered structures on this molecular scale.

ENTER THE DEMON

^{fn1} I'm ignoring here the mass-energy of matter, which is mostly inert, and the mysterious dark energy of empty space. They are far more abundant.

^{fn2} The first law of thermodynamics is just the law of conservation of energy when heat is included as a form of energy.

^{fn3} The great British astronomer Sir Arthur Eddington once wrote: 'The law that entropy always increases, holds, I think, the supreme position among the laws of Nature. If someone points out to you that your pet theory of the universe is in disagreement with Maxwell's [electromagnetic field] equations – then so much the worse for Maxwell's equations. If it is found to be contradicted by observation – well, these experimentalists do bungle things sometimes. But if your theory is found to be against the second law of thermodynamics I can give you no hope; there is nothing for it but to collapse in deepest humiliation.' (Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World* (Cambridge University Press, 1928), p. 74)

Notes

1. WHAT IS LIFE?

1. Erwin Schrödinger, *What is Life?* (Cambridge University Press, 1944), p. 23.
2. Charles Darwin, *On the Origin of Species* (John Murray; 2nd edn, 1860), p. 490.
3. David Deutsch, *The Beginning of Infinity: Explanations that Transform the World* (Penguin, 2011), p. 1.
4. S. I. Walker, 'The descent of math', in: A. Aguirre, B. Foster and Z. Merali (eds.), *Trick of Truth: The Mysterious Connection between Physics and Mathematics* (Springer, 2016).
5. Richard Dawkins, *Climbing Mount Improbable* (Norton, 1996).
6. Eric Smith and Harold Morowitz, *The Origin and Nature of Life on Earth* (Cambridge University Press, 2016).
7. Bernd-Olaf Küppers, 'The nucleation of semantic information in prebiotic matter', in: E. Domingo and P. Schuster (eds.), *Quasispecies: From Theory to Experimental Systems. Current Topics in Microbiology and Immunology*, vol. 392, 23–42. See also Carlo Rovelli, 'Meaning and intentionality = information + evolution', in: A. Aguirre, B. Foster and Z. Merali (eds.), *Wandering Towards a Goal: How Can Mindless Mathematical Laws Give Rise to Aims and Intention?* (Springer, 2018), pp. 17–27.
8. Eric Smith, 'Chemical Carnot cycles, Landauer's principle and the thermodynamics of natural selection', Talk/Lecture, Bariloche Complex Systems Summer School (2008).