

KAPITOLA DESÁTÁ

ŽIVOT MÁ VLASTNÍ KÓD

Organismus je popsán ve vejci

Podstatou všeho živého není oheň, horký dech ani „jiskra života“. Je to informace, slova, pokyny... Pokud chcete nějakou metaforu, neuvažujte o ohni, jiskrách a dechu, ale o miliardě diskrétních, digitálních znaků, které jsou vyryté do tabulek z krystalu.¹

RICHARD DAWKINS (1986)

Vědci milují své elementární částice. Když se dědičné rysy předávají z jedné generace na druhou, musejí mít nějakou jednoduchou formu nebo nositele. Z této úvahy vznikla hypotetická částice protoplazmy. *The Popular Science Monthly* napsal v roce 1875: „Biologovi musí být dovoleno ve vědě používat představivost, tak jako fyzikovi. Pokud někdo musí mít své atomy a molekuly, někdo jiný musí mít své fyziologické jednotky, plastické molekuly - ‚plastikuly‘.“²

Plastikula se neujala a dědičnost si stejně téměř všichni představovali mylně. A tak v roce 1910 dánský botanik Wilhelm Johannsen sebevědomě vytvořil slovo *gen*. Naléhavě se snažil opravit běžné mytologické představy a napadlo ho, že by tomu snad pomohlo vhodné slovo. Tradoval se totiž mýtus, že z rodičů se na potomstvo předávají „osobní vlastnosti“. Johannsen ve svém proslovu k přírodovědecké společnosti American Society of Naturalists prohlásil, že je to „ta nejnaivnější a nejstarší představa dědičnosti“.³ Mýtus se dal pochopit. Pokud jsou otec a dcera obézní, lidé mohou tíhnout k myšlence, že jeho obezita způsobila tu její, své dceři ji předal. To ale není pravda. Johannsen uvedl: „Osobní vlastnosti žádného jednotlivého organismu rozhodně nejsou příčinou vlastností jeho potomstva. Vlastnosti předka i potomka jsou však stejným způsobem určeny povahou ‚pohlavních látek‘, gamet, ze kterých se vyvinuly.“ To, co se dědí, je abstraktnější, spíše potenciální povahy.

K překonání mylných představ Johannsen navrhl novou terminologii, která začínala pojmem *gen*: „není ničím jiným než velmi vhodným slovíčkem, jež se dá snadno spojovat s ostatními.“⁴ Očividně nevěděl, že on ani nikdo jiný ne-

* Dodal: „Staré pojmy se většinou zpronevěřily svým použitím v zastaralých či chybných teoriích a systémech, ze kterých si přinesly zbytky nevhodných myšlenek, jež nejsou pro vyvíjející se porozumění vždy neškodné.“

věděl, co *gen* vlastně je: „Může být užitečný jako výraz pro ‚jednotkové faktory‘, ‚prvky‘ nebo ‚alely‘... Pokud jde o povahu ‚genů‘, ještě nenadešel čas navrhnout hypotézy.“ Roky experimentů Gregora Mendela se zeleným a žlutým hrachem ukázaly, že něco takového musí existovat. Barvy a další rysy se liší v závislosti na mnoha faktorech, jako teplotě a složení půdy, ale *něco* se uchovává jako celek. Nerozptyluje se a s ničím se nemísí - musí to být kvantované.⁴ Mendel objevil *gen*, i když ho tak ještě nepojmenoval. Pro něho byl spíše algebraickou konvencí než fyzickou entitou.

Když Schrödinger rozjímal nad genem, musel čelit jednomu problému. Jak mohla taková „nepatrná částice hmoty“ obsahovat celý složitý záznam, který určuje propracovaný vývoj organismu? K řešení si Schrödinger nevybral příklad z kvantové mechaniky ani teoretické fyziky, ale z telegrafie: Morseovu abecedu. Všiml si, že dva znaky - tečka a čárka - se dají kombinovat do dobře uspořádaných skupin, čímž vznikne celá lidská řeč. Podotkl, že i geny musí používat kód: „Miniaturní kód by měl přesně odpovídat nesmírně složitému a předurčenému plánu vývoje a nějakým způsobem obsahovat prostředky, které ho uvedou do pohybu.“⁵

Kódy, instrukce, signály - celý tento jazyk, jež připomínal stroje a techniku, obklíčil biology, jako když normanská francouzština pronikala do středověké angličtiny. V roce 1940 zněl tento žargon velmi nepřirozeně a strojeně, ale brzy to lidé přestali vnímat. Nová molekulární biologie začala zkoumat uchovávání a přenos informace. Biologové si zvykali počítat v „bitech“. Někteří z fyziků, kteří nyní objevovali biologii, vnímali informaci jako přesně ten koncept, jež jen nutný k posuzování a měření biologických vlastností, na které zatím neměli nástroje - komplexity a řádu, organizace a specifičnosti.⁶ Henry Quastler, jenž nejprve pracoval ve Vídni jako radiolog a poté na University of Illinois, aplikoval teorii informace na biologii i psychologii. Odhadl, že aminokyselina má informační obsah jednoho psaného slova a informační obsah molekuly bílkoviny odpovídá celému odstavci. V roce 1950 mu jeho kolega Sidney Dancoff vnukl představu, že vlákno chromozomu je „lineární kódovaná páska s informací“.⁷

Celé vlákno znázorňuje „zprávu“, kterou můžeme rozdělit na podjednotky a říkat jim „odstavce“, slova“ a podobně. Nejmenší jednotkou zprávy bude zřejmě nějaký klopný obvod, který zvládá rozhodnutí ano/ne.

V roce 1952 pořádal Quastler symposium o teorii informace v biologii. Jeho účelem nebylo nic jiného než rozvinout tyto nové ideje - entropii, šum, zpracování zpráv, derivace - v oblastech od buněčné struktury a enzymové katalýzy až po rozsáhlé „biosystémy“. Podle jednoho odhadu představuje jediná

bakterie na 10^{13} bitů.⁸ (To však je počet nutný k popisu celé její molekulární struktury ve třech rozměrech - možná by existoval i úspornější popis.) Růst bakterie se dá analyzovat jako snížení entropie v jejím okolí. Sám Quastler chtěl poměřovat vyšší organismy podle informačního obsahu - ne podle atomů („to by bylo nesmírně nehospodárné“), ale podle „hypotetických instrukcí ke stavbě organismu“.⁹ To ho pochopitelně přivedlo ke genům.

Celý soubor instrukcí - který se nachází „někde v chromozomech“ - představuje genom. Quastler to nazval „katalogem“ - pokud neobsahuje celou informaci, tak přinejmenším „podstatnou část celé informace o dospělém jedinci“. Zdůraznil však, jak málo se ví o genech. Jsou to oddělené fyzické entity, nebo se překrývají? Jedná se o „nezávislé zdroje informace“, nebo se navzájem ovlivňují? A kolik jich je? Po vynásobení všech těchto neznámých dospěl k výsledku:

Základní komplexita jediné buňky i celého člověka je větší než 10^5 bitů a menší než 10^{12} . Jedná se o velmi hrubý odhad, ale lepší takový než žádný.¹⁰

Tyto počáteční snahy k ničemu přímo nevedly. Shannonova teorie informace se nedala naroubovat na biologii jako celek. To však stěžilo někomu vadilo. Seismický posun již začal - posun od myšlení o energii k myšlení o informaci.

Na druhé straně Atlantiku dorazil na jaře roku 1953 do londýnské kanceláře časopisu *Nature* zvláštní text s podpisy vědců z Paříže, Curychu, Cambridge a Ženevy.¹¹ Nejznámější z podepsaných byl Francouz Boris Ephrussi, první profesor genetiky. Signatáři si stěžovali na to, co jim připadalo jako „spíše chaotický růst technického slovníku“. Konkrétně uváděli, že genová rekombinace v bakterii je popisována slovy „transformace“, „indukce“, „transdukce“ a dokonce i „infekce“. Navrhli určité zjednodušení:

Rádi bychom navrhli řešení této matoucí situace. Použijeme místo uvedených slov výraz „mezibakteriální informace“. Neznamena nutně přesun hmotných látek a odráží možný budoucí význam kybernetiky na bakteriální úrovni.

Tento text vzešel z debaty u oběda na břehu jezera ve švýcarském Locarnu, při níž víno teklo plným proudem. Byl myšlen jako vtíp, ale redaktorům časopisu *Nature* zněl zcela věrohodně a neprodleně ho otiskli.¹² Nejmladším z účastníků oběda a podpisové akce byl pětadvacetiletý Američan James Watson.

Hned příští číslo *Nature* obsahovalo další dopis od Watsona, který napsal se svým spolupracovníkem Francisem Crickem. To je proslavilo. Objevíli gen.

Většina se shodla, že ať jsou geny čímkoli a působí jakkoli, zřejmě jde o proteiny - obrovské organické molekuly tvořené dlouhými řetězci aminokyselin. Jiní genetici se v roce 1940 zaměřili jinam - na jednoduché viry, bakteriofágy. Experimenty s dědičností bakterií přesvědčily další badatele, mezi nimiž byli i Watson a Crick, že geny by mohla nést jiná látka, která se z neznámého důvodu nachází v každém buněčném jádru - u rostlin, živočichů i bakteriofágů.¹³ Touto látkou byla nukleová kyselina, konkrétně kyselina deoxyribonukleová známá pod zkratkou DNA. Lidé, kteří s nukleovými kyselinami pracovali, zvláště chemici, toho o ní zatím příliš nevěděli - s výjimkou toho, že molekuly jsou tvořeny menšími jednotkami s názvem nukleotidy. Watson a Crick si mysleli, že to by mohlo být oním tajemstvím, a v Cavendishově laboratoři v Cambridge se rychle snažili určit její strukturu. Samotné molekuly neviděli, pouze se snažili najít odpověď v jejich stínech z ohybu rentgenových paprsků. O menších jednotkách však věděli hodně. Každý nukleotid obsahoval nějakou „bázi“, a ty byly jen čtyři, s označením A, C, G a T. Objevily se v poměrech, které se daly přesně předvídat. Jistě to musela být písmena kódu. Všechno ostatní byla jen metoda pokusu a omylu, živěná lidskou představivostí.

To, co objevili, se stalo ikonou - dvojité šroubovice, která je dnes vykreslená na prvních stránkách časopisů a ztvárněná v sochařských dílech. DNA se skládá ze dvou dlouhých posloupností bází a připomíná šifry kódované v abecedě o čtyřech písmenech. Posloupnosti jsou vzájemně komplementární a jsou svinuté dohromady. Když nahlédneme dovnitř, každé vlákno může posloužit jako vzor k replikaci. (Byl to Schrödingerův „aperiodický krystal“? Ohyb rentgenových paprsků ukázal, že z hlediska fyzické struktury je DNA zcela pravidelná. Nepravidelnost leží v abstraktní rovině jazyka - posloupnosti „písmen“.) Crick v místní hospodě překypoval nadšením a všem oznamoval, že objevili „tajemství života“. V celostránkovém článku v časopise *Nature* už byli obezřetnější. Článek končí poznámkou, o které se později říkalo, že je to „jedno z nejzdrženlivějších tvrzení ve vědecké literatuře“.¹⁴

Neuniklo naší pozornosti, že specifické párování, které jsme vyzpovídali, by mohlo představovat mechanismus kopírování genetického materiálu.¹⁵

Za několik týdnů v dalším článku už tak nesměli nebyli. Zdálo se, že v každém řetězci je posloupnost bází nepravidelná - všimli si, že se může objevit jakkoli posloupnost: „Z toho vyplývá, že v dlouhé molekule může nastat mnoho různých permutací.“¹⁶ Mnoho permutací znamenalo mnoho možných zpráv.

Jejich další poznámka spustila poplašné zařízení, které se rozeznělo na obou stranách Atlantiku: „Proto je pravděpodobné, že přesná posloupnost bází je kódem, který nese genetickou informaci.“ Když použili pojmy *kód* a *informace*, již nemluvili obrazně.

Makromolekuly organického života nesou informaci ve složité struktuře. Jediná molekula hemoglobinu obsahuje čtyři řetězce polypeptidů - dva se 141 aminokyselinami a dva se 146 - v přísně lineární posloupnosti, která je pospojovaná a zohýbaná. Atomy vodíku, kyslíku, uhlíku, železa a dalších prvků by se mohly náhodně spojovat po celou dobu trvání vesmíru, aniž by šance, že při tom vytvoří molekulu hemoglobinu, byla větší než pověstná šance, že šimpanzi náhodným bušením do psacího stroje vytvoří sebrané Shakespearovo dílo. Vznik molekul vyžaduje energii - jsou tvořeny jednoduššími částmi a uplatňuje se zde zákon entropie. Život na zemi dostává energii ze slunce v podobě fotonů. Informace přichází prostřednictvím evoluce.

Molekula DNA byla jedinečná - její jedinou úlohou je nést informaci. Když to mikrobiologové zjistili, přešli k problému, jak rozluštit kód. Crick, kterého četba Schrödingerovy knihy *Co je život?* inspirovala k tomu, že opustil fyziku a věnoval se biologii, zaslal Schrödingerovi jeden výtisk časopisu. Odpověď však od něho nedostal.

Naproti tomu George Gamow si přečetl Watsonovu a Crickovu zprávu při návštěvě Radiační laboratoře v Berkeley. Gamow, který se narodil na Ukrajině, byl kosmolog, jeden z tvůrců teorie velkého třesku. A dokázal ocenit velkou myšlenku. Odeslal tento dopis:

Milí dr. Watsone a dr. Cricku,
nejsem biolog, ale fyzik... nicméně Váš článek z 30. 5. v *Nature* mě opravdu nadchl. Domnívám se, že přeneseme biologii do skupiny „exaktních“ věd. Pokud je Vaše stanovisko správné, každý organismus bude charakterizován dlouhým číslem, které můžeme psát ve čtyřkovém systému s čísly 1, 2, 3 a 4, jež zastupují různé báze... To může odhalit vzrušující možnosti teoretického výzkumu, založeného na kombinatorice a teorii čísel! Mám pocit, že je možné to uskutečnit. Co si o tom myslíte?¹⁷

Celé desetiletí se pak genetický kód usilovně snažily pochopit nejrůznější světové kapacity. Mnozí z těchto vědců, jako Gamow, postrádali jakékoli praktické znalosti biochemie. Podle Watsona a Cricka pramenil výchozí problém ze směsi úzce specializovaných podrobností: vodíkových vazeb, vazeb soli, řetězců cukr-fosfát s rezidui deoxyribofuranózy. Bylo třeba zjistit, jak se anorganické

ionty mohou uspořádat do tří rozměrů - musely se vypočítat přesné úhly chemických vazeb. Vznikly modely z kartonového papíru a pocínovaného plechu. Nyní se však problém měnil v abstraktní hru se symboly. Zdálo se, že RNA, blízká příbuzná DNA s jedním vláknem, hraje úlohu posílka či tlumočnicka. Gamow jasně řekl, že chemický základ nehraje roli. On i jeho následovníci to chápali jako matematickou hádanku - mapování mezi zprávami v různých druzích abecedy. Pokud se jednalo o problém kódování, potřebné nástroje nabídla kombinatorika a teorie informace. Proběhly porady s fyziky i s odborníky na dešifrování.

Gamow začal spontánně - navrhl kombinatorický kód. Podle něho bylo úkolem dostat se ze čtyř bází v DNA k 20 známým aminokyselinám v proteinech - tedy ke kódu se čtyřmi písmeny a 20 slovy.* Samotná kombinatorika ho přivedla k představě trojic nukleotidů neboli třípísmenných slov. Měl detailní řešení, které *Nature* po několika měsících otiskl a které se brzy proslavilo pod názvem „diamantový kód“. Za dalších několik měsíců Crick prokázal, že je to celé špatně - experimentální údaje o posloupnostech proteinů diamantový kód vyloučily. Gamow se však nevzdával; idea trojic byla lákavá. Přidaly se k němu nečekané posily: dřívější fyzik a nyníjší biolog z Kalifornského technologického institutu Max Delbrück, jeho přítel a odborník na kvantovou teorii Richard Feynman, známý „otec vodíkové bomby“ Edward Teller, další absolvent Los Alamos - matematik Nicholas Metropolis, a Sydney Brenner, který se ke Crickovi připojil v Cavendishově laboratoři.

Každý z nich měl svou představu kódování. Matematická stránka problému potrápila i Gamowa. V roce 1954 napsal: „Stejně jako při luštění zpráv nepřítele za druhé světové války, i zde platí, že úspěch závisí na délce kódovaného textu, která je k dispozici. Každý důstojník zpravodajských služeb vám řekne, že tato práce je velmi těžká a úspěch většinou závisí na štěstí... Obávám se, že problém nelze vyřešit bez pomoci elektronického počítače.“¹⁸ Gamow a Watson se rozhodli založit džentlmenký RNA Tie Club, který měl mít přesně 20 členů a každý jeho člen měl obdržet černozelelou vlněnou kravatu - podle Gamowova návrhu ji ušil jeden obchodník s galanterním zbožím v Los Angeles. Když ponecháme stranou tuto hravost, Gamow chtěl vytvořit komunikační kanál, který by se obešel bez čekání na publikaci v časopise, přestože se nikdy předtím novinky z vědy nevydávaly tak rychle. Další člen klubu Gunther Stent prozradil: „Mnohé zásadní koncepty se nejprve navrhly v neformálních diskusích na obou stranách Atlantiku a pak se mezi zasvěcenci rychle šířily soukromou

* Když Gamow vyjmenoval 20 aminokyselin, předběhl dosavadní poznatky. Ačkoli jeho seznam nebyl správný, číslo 20 správné bylo.

mezinárodní telegrafickou šeptandou.¹⁹ Přišly klamné začátky, divoké odhady i slepé uličky, názory uvnitř biochemického společenství se často různily.

Crick později uvedl: „Rozhodně neplatilo, že by všichni bezpodmínečně věřili v kód. Většina biochemiků takto neuvažovala. Byla to zcela nová idea a navíc si říkali, že může být příliš zjednodušená.“²⁰ Domnívali se, že proteinům porozumí, když budou zkoumat enzymatické systémy a párování peptidových jednotek. Bylo to pochopitelné:

Mysleli si, že proteosyntéza nemůže spočívat v pouhém překódování z jednoho na druhé – to se až příliš podobalo něčemu, co vymysleli fyzici. Nepřipadalo jim to jako biochemie... Jednoduché představy, jako je kódování aminokyseliny třemi nukleotidy, budily určitý odpor. Lidé se klonili k názoru, že to připomíná podvod.

Gamow předváděl druhý extrém. Obcházel biochemické detaily, aby prosadil ideu, která šokovala svou jednoduchostí – každý živý organismus je předurčen „dlouhým číslem, které je psané systémem čtyř číslic“.²¹ Nazval ho (nemístně, podle knihy Zjevení Janovo) „číslem šelmy“. Když mají dvě šelmy totožné číslo, jsou to jednovaječná dvojčata.

Slovo *kód* bylo již tak zakořeněné, že lidé se nad ním jen zřídka pozastavili a všimli si, jak neobyčejné je najít něco takového – abstraktní symboly zastupující jiné libovolně zvolené abstraktní symboly – v chemii, na úrovni molekul. Fungování genetického kódu se až tajuplně podobalo metamatematickému kódování, které Gödel vymyslel spíše k filozofickým účelům. Gödelovo kódování nahrazuje obyčejnými čísly matematické výrazy i operace, genetický kód používá trojice nukleotidů k zastoupení aminokyselin. Douglas Hofstadter byl první, kdo v 80. letech 20. století výslovně vyjádřil toto spojení „mezi složitým mechanismem v živé buňce, která molekule DNA umožňuje vlastní replikaci, a chytrým mechanismem v matematickém systému, který umožňuje formulovat něco o sobě“.²² V obou případech spatřoval spleť splotitou zpětnovazební smyčku. Napsal: „Dříve nikdo neměl ani nejmenší tušení o tom, že by jedna množina chemických látek mohla *kódovat* jinou množinu.“

Už tato samotná představa je poněkud záhadná – pokud existuje kód, kdo ho vymyslel? Jaké zprávy jsou v něm napsané? Kdo je píše? A kdo čte?

Členové klubu si uvědomili, že problémem nebylo pouhé uchovávání, ale i přenos informace. DNA má dvě funkce. První je, že uchovává informaci. Dělá to tak, že kopíruje sama sebe, z jedné generace na druhou, po celé věky – je

to Alexandrijská knihovna, která bezpečně uchovává data tím, že se sama v miliardách exemplářů kopíruje. Nehledě na krásu dvojité šroubovice má toto informační úložiště v podstatě jeden rozměr – je to řetězec prvků seřazených do jedné linie. V lidské DNA přesahuje počet nukleotidových jednotek jednu miliardu a tato podrobná gigabitová zpráva musí být dokonale nebo téměř dokonale uchovávána. Druhou funkcí DNA je však to, že tuto informaci posílá mimo sebe k využití při tvorbě organismu. Data uchovávaná v jednorozměrném vlákně musí rozkvést do tří rozměrů. K tomuto přenosu informace dochází prostřednictvím zpráv, které nukleové kyseliny posílají proteinům. DNA se tedy nejen replikuje, ale navíc řídí výrobu něčeho zcela jiného. Tyto proteiny, jejichž struktura je sama o sobě nesmírně složitá, slouží jako stavební materiál pro tělo – jako malta a cihly – a rovněž jako řídicí systém, rozvod tekutin, elektrické vedení a systém chemických signálů, které řídí růst.

Replikace DNA znamená kopírování informace. A vytváření proteinů představuje přenos informace – zaslání zprávy. Biologové to nyní viděli jasně, protože zpráva již byla dostatečně definována a oddělena od jakéhokoli podkladu. Když mohou nést zprávy zvukové vlny či elektrické pulsy, proč by je nemohly nést i chemické procesy?

Gamow to formuloval jednoduše: „Jádrem živé buňky znamená informační zásobárnu.“²³ A dodal, že je i vysílačem informace. Kontinuita veškerého života pramení z tohoto „informačního systému“ – genetika by měla zkoumat „jazyk buněk“.

Když se diamantový kód ukázal jako chybný, Gamow zkoušel „trojúhelníkový kód“ a další obměny – se stejně špatnými výsledky. Třibázové kodony zůstaly nejdůležitější a řešení se zdálo lákavě blízko, ale mimo dosah. Problém spočíval v tom, jak příroda rozdělovala zdánlivě nepřetržitá vlákna DNA a RNA. Nikdo neviděl biologickou obdobu mezer, které oddělují písmena v Morseově abecedě, nebo mezer mezi slovy. Snad každá čtvrtá báze byla čárka. Nebo (jak napadlo Cricka) by možná čárky nebyly nutné, kdyby některé trojice byly „smysluplné“ a jiné „nesmyslné“.²⁴ Popřípadě nějaký snímač pásky zkrátka potřeboval v určité chvíli zapnout a odpočítávat třikrát tři nukleotidy. Do řešení problému byla vtažena i sekce matematiků z nové Laboratoře proudového pohonu v kalifornské Pasadeně, kteří pracovali na leteckém výzkumu. Jim to připadalo jako typický problém v Shannonově teorii kódování: „nukleotidová sekvence jako nekonečná zpráva, která je psaná bez interpunkce a ze které se každá konečná část musí dát dekódovat na posloupnost aminokyselin vhodným vložením čárek.“²⁵ Vytvořili *slovník* kódů. Uvažovali o problému *tiskových chyb*.

Biochemie hrála důležitou roli, bez experimentů by ani všichni kryptografové světa dohromady nedokázali vybrat z nesčíslného množství možných odpo-

vědí tu správnou. Když byl nakonec počátkem 60. let 20. století genetický kód rozluščen, ukázalo se, že je plný redundance. Valná část mapování z nukleotidů na aminokyseliny se zdála volnější - nebyla tak přesně strukturovaná jako v různých Gamowových návrzích. Některé aminokyseliny odpovídají jen jednomu kodonu, jiné dvěma, čtyřem nebo šesti. Částice, kterým se říká ribozomy, zapadají do vlákna RNA a tlumočí ho, vždy po třech bázích najednou. Některé kodony jsou nadbytečné - plní úkol signálů začátku a konce. Redundance slouží přesně tomu účelu, který by informatik očekával - poskytuje odolnost proti chybám. Šum ovlivňuje biologické zprávy úplně stejně jako jiné druhy zpráv. Chyby v DNA - překlepy - jsou mutace.

Ještě než byla nalezena přesná odpověď, vytříbil Crick její základní principy v tvrzení, které nazval (a nazývá se tak dodnes) Centrální dogma. Je to hypotéza o směřování evoluce a původu života a dokazuje se na základě Shannonovy entropie v možných druzích chemické abecedy:

Jakmile se „informace“ jednou dostane do proteinu, *nemůže se už dostat ven*. Když to rozebereme podrobněji, přenos informace z nukleové kyseliny do nukleové kyseliny nebo z nukleové kyseliny do proteinu je možný, ale přenos z proteinu do proteinu nebo z proteinu do nukleové kyseliny možný není. Informace zde znamená *přesné* určení posloupnosti.²⁶

Genetická zpráva je nezávislá a neproniknutelná - žádná informace z okolních dějů ji nemůže změnit.

Člověk ještě nikdy nespatrił informaci zapsanou tak malým písmem. Měří se v nanometrech a je zapsaná v místech, kde ji nikdo nespatrił. Je to kniha života v uchu jehly.

Omne vivum ex ovo - „Úplný popis organismu je obsažen již ve vejci.“²⁷ Tuto větu si v zimě roku 1971 v Cambridgi vyslechl od Sydneyho Brennera znamenitý kronikář molekulární biologie Horace Freeland Judson. Brenner pokračoval: „V každém zvířeti se nachází jeho popis... Problémem bude obrovské množství podrobností, jež je třeba zahrnout. Nejúspornějším jazykem popisu je molekulární, genetický popis, který je již k dispozici. Stále v tomto jazyce neznáme pojmenování. Co si organismus sám pro sebe pojmenuje? Nemůžeme tvrdit, že organismus má třeba pojmenování pro prst. Není zaručeno, že při vytváření ruky se pracuje ve stejných pojmech, které používáme při výrobě rukavice.“

Brenner před večerí na King's College popíjel sherry a vypadal zamyšleně. Když před necelými 20 lety začal pracovat s Crickem, název molekulární biologie ještě ani neexistoval. O dvě desetiletí později, v 90. letech 20. století,

začali vědci z celého světa mapovat celý lidský genom - asi 20 000 genů, tři miliardy párů bází. Co se nejvíce změnilo? Byl to posun rámce, od energie a hmoty k informaci.

Brenner prohlásil: „Celá biochemie se až do 50. let zabývala tím, odkud se získává energie a materiál k fungování buňky. Biochemici uvažovali jen o toku energie a toku hmoty. Molekulární biologové začali hovořit o informačním toku. Když se ohlédneme zpět, vidíme, že dvojitá šroubovice přinesla poznání, že informaci v biologických systémech můžeme zkoumat stejným způsobem jako energii a hmotu...“

Dále řekl: „Podívejte, dám vám příklad. Kdybyste před 20 lety přišli za biologem a zeptali se ho, jak vytvoří protein, odpověděl by, že neví, protože je to strašný problém... že je ale důležité, kde vzít energii k vytvoření peptidové vazby. Molekulární biolog by naopak odpověděl, že to problém není a že závažným problémem je, kde získat instrukce k sestavení posloupnosti aminokyselin... a k čertu s energií, ta se o sebe postará.“

V té době již technický žargon biologů obsahoval slova jako *abeceda, knihovna, úprava, korektura, prepis, překlad, nesmysl, synonymum a redundance*. Genetika a DNA přitahovaly pozornost jak luštitelů šifer, tak i klasických lingvistů. Zjistilo se, že určité proteiny, které se dokážou překloupat z jednoho relativně stálého stavu do jiného, jednají jako relé, přijímají zašifrované pokyny a předávají je sousedním proteinům - jako přepínače v trojrozměrných komunikačních sítích. Brenner myslel dopředu a viděl, že se pozornost upře i na informatiku. Představoval si vědu - která tehdy ještě neměla jméno - o chaosu a komplexitě. Předpovídal: „Myslím, že v příštích 25 letech se biologové budou muset naučit ještě jeden jazyk. Nevím, jaký má název, a neví to nikdo. Ale domnívám se, že to, k čemu míříme, je základní problém teorie složitých systémů.“ Vzpomněl si, jak John von Neumann v počátcích teorie informace a kybernetiky navrhl pohlížet na biologické a myšlenkové procesy z hlediska toho, jak může fungovat počítačový stroj. Brenner pokračoval: „Jinými slovy, zatímco věda jako fyzika funguje na základě zákonů, věda jako molekulární biologie se dosud formuluje v pojmech mechanismů, a nyní je možná čas začít myslet na algoritmy. Předpisy a postupy.“

Když chcete vědět, co je to myš, zeptejte se místo toho, jak takovou myš dát dohromady. Jak se myš sama buduje? Její geny se navzájem zapínají a vypínají a postupně provádějí výpočty. Brenner uvažoval: „Domnívám se, že nová molekulární biologie se musí ubírat tímto směrem - zkoumat logické počítače vysoké úrovně, programy, algoritmy vývoje...“

Člověk by rád dokázal spojit dvě věci - umět se pohybovat mezi úrovněmi molekulárního hardwaru a *logického* softwaru toho, jak je vše uspořádáno, a nepocítovat přitom, že jsou to odlišné vědní obory.“

Ani nyní - nebo zvláště nyní - nebyl gen tím, čím se zdál. Začal jako předtucha a algebraická konvence jednoho botanika, byl vysledován až po chromozom a odhalen v podobě molekulárních stočených vláken. Byl dekodován, vyčíslen a katalogizován. Během rozkvětu molekulární biologie se pak představa genu znovu uvolnila ze svého kotviště.

Čím víc se o genu vědělo, tím těžší to bylo definovat. Je totožný s DNA? Je tvořen DNA, nebo je to něco, co DNA nese? Je vůbec správné považovat ho za hmotnou věc?

Ne všichni se shodli na tom, že je tu nějaký problém. Gunther Stent v roce 1977 prohlásil, že jedním z velkých triumfů bylo „jednoznačné určení totožnosti“ mendelovského genu jako určitého úseku DNA. Stent napsal: „V tomto smyslu nyní pojem ‚gen‘ používají při práci všichni genetici.“²⁸ Stručně a technicky vyjádřeno to znamená: „Gen je ve skutečnosti lineární pole nukleotidů DNA, které definuje lineární pole proteinových aminokyselin.“ Stent podotkl, že to byl Seymour Benzer, kdo tento fakt definitivně zformuloval.

Sám Benzer ovšem tak optimistický nebyl. Již v roce 1957 tvrdil, že typická představa genu je mrtvá. Byl to koncept, který měl posloužit současně třem účelům - jako prostředek rekombinace, mutace a funkce. A Benzer již měl vážný důvod, aby nevěřil v jejich slučitelnost. Vlákno DNA nese mnoho párů bází - připomíná to korálky na niti nebo písmena ve větě. Jelikož se jedná o fyzický objekt, nelze ho nazvat elementární jednotkou. Benzer nabídl celou řadu názvů: „rekon“ pro nejmenší jednotku, jež se dá zaměňovat rekombinací, „muton“ pro nejmenší jednotku mutační změny (jediný pár bází) a „cistron“ pro jednotku funkce - kterou, jak připustil, bylo obtížné definovat. „Záleží na tom, jakou úroveň funkce máme na mysli,“ napsal - buď jen specifikaci aminokyseliny, nebo celý soubor kroků, „jež vede k jednomu, konkrétnímu, fyziologickému koncovému efektu“.²⁹ Gen se nevytratil, ale na jedno slovo to byla příliš velká zátěž.

Součástí všeho byl střet molekulární a evoluční biologie, které se studovaly v oborech od botaniky po paleontologii. Jako každý střet v dějinách vědy přinesl i tento své ovoce - zanedlouho se ani jedna strana nemohla pohnout vpřed bez pomoci druhé. Mezitím se však jiskřilo. Některé jiskry zažehl mladý zoolog z Oxfordu Richard Dawkins. Připadalo mu, že mnozí jeho kolegové se dívají na život úplně špatně.

Molekulární biologie zdokonalila své poznání detailů DNA a obratněji zacházela s těmito molekulárními zázraky, a tak bylo přirozené vidět je jako odpověď na velkou otázku života: Jak se organismy reprodukují? Používáme DNA, stejně jako používáme plíce k dýchání a oči k vidění. Používáme. Dawkins napsal: „Tento přístup je závažnou chybou. Je to pravda obrácená vzhůru

nohama.“³⁰ Řekl, že DNA se objevila nejdřív - před miliardami let - a stále je na řadě jako první, když se na život nahlíží ze správné perspektivy. Z tohoto hlediska jsou geny středem všeho, *sine qua non*, hvězdami celé show. Svou první knihu vydal Dawkins v roce 1976 - byla určena pro širokou veřejnost a nesla provokativní název *Sobecký gen*. Dawkins v ní vyvolal debatu, která přetrvávala celá desetiletí, když prohlásil: „Jsme stroje na přežití - roboti, slepě naprogramovaní k zachování sobeckých molekul, známých jako geny.“³¹ Řekl, že je to pravda, kterou zná už dlouho.

Skutečnými jednotkami přirozeného výběru nejsou organismy, ale geny. Začaly jako „replikátor“ - molekuly, které nahodile vznikly v prvotním živém roztoku a mají neobyčejnou schopnost vytvářet vlastní kopie:

Jsou dávnými mistry v umění přežít. Nečekejte však, že je uvidíte volně plavat v moři. Této dobrodružné svobody se dávno vzdaly. Dnes se hemží ve velkých koloniích, bezpečně usazené v gigantických nemotorných robotech, odděleny od okolního světa, s nímž komunikují složitými nepřímými cestami a manipulují prostřednictvím dálkového ovládní. Jsou přítomny ve vás i ve mně, stvořily naše tělo i mysl a jejich zachování je konečným důvodem naší existence. Udělaly velký pokrok, tyto replikátory. Dnes se jim říká geny a my jsme jejich nástroje přežití.³²

Bylo jasné, že taková slova pořádně dopálí organismy, které se nepovažovaly za pouhé roboty. Stephen Jay Gould v roce 1977 napsal: „Anglický biolog Richard Dawkins mě nedávno dopálil svým tvrzením, že jednotkami výběru jsou samy geny a jednotlivci nejsou ničím jiným než jejich dočasnými schránkami.“³³ Gould měl v této otázce hodně stoupenců. Gunther Stent promluvil za mnoho molekulárních biologů - odbyl Dawkinse tím, že je to „šestatřicetiletý student chování zvířat“, a zařadil ho do „staré předvědecké tradice animismu, která učí, že vše v přírodě má svou duši“.³⁴

Dawkinsova kniha byla nicméně výjimečná a převratná. Nastolila nové, mnohovrstvé chápání genu. Idea sobeckého genu nejprve vypadala jako optický klam, neuvěřitelný vtíp. O 100 let dříve prohlásil Samuel Butler - a nepovažoval se za prvního - že slepice je jen prostředkem, jak si vejce vytvoří další vejce. Svým způsobem to Butler myslel docela vážně:

Každému tvorů musí být umožněno „projít si“ vlastní vývoj po svém. Cesta, kterou zvolí vejce, nám může připadat jako velká oklika, ale je to jeho cesta. A člověk si vcelku nemá důvod na ni stěžovat. Proč by měla být slepice považována za živější než vejce? A proč by se mělo říkat, že slepice

snáší vejce, místo aby se říkalo, že vejce nese slepici? To jsou otázky, které leží mimo dosah filozofického vysvětlení, ale snad se dají snadno pochopit, když uvážíme ješitnost člověka a jeho letitý zvyk přehlížet vše, co mu nepřipomíná jeho samotného.³⁵

A dodal: „Možná je však přece jen skutečným důvodem to, že vejce nekdáká, když snese slepici.“ O něco později se Butlerův vzorec *X je jen cesta, kterou Y vytvoří další Y*, začal znovu objevovat v mnoha podobách. Daniel Dennett v roce 1995 poznamenal: „Učenec je jen cesta, kterou si knihovna vytvoří další knihovnu.“³⁶ Ani Dennett tak úplně nevtipkoval.

Když se v roce 1878 Butler posmíval antropocentrickému pohledu na život, bylo to jasnozřivé. Četl ovšem Darwina a chápal, že celé stvoření nemá sloužit potřebám *Homo sapiens*. Edward O. Wilson pak o století později prohlásil: „Antropocentrismus je vada rozumu, která člověka ochromuje.“³⁷ Dawkins však přišel s ještě radikálnější změnou pohledu. Odstrčil stranou nejen člověka (a slepici), ale i samotný organismus v celé jeho slávě. Jak by celá biologie mohla *nebýt* studiem organismů? Dawkins přinejmenším podcenil obtíže, když napsal: „Je třeba rozvážného, usilovného myšlení, abychom vrátili biologii na správnou cestu a připomněli si, že replikátory jsou první – časově i co do významu.“³⁸

Součástí Dawkinsova výkladu bylo vysvětlení altruismu – chování jednotlivců, které je v protikladu k jejich vlastnímu zájmu. Příroda oplývá příklady toho, jak zvířata riskují život pro své potomstvo, pro pokrevní příbuzné nebo kohokoli ze své genetické skupiny. Kromě toho se dělí o jídlo, pomáhají si stavět hnízda a hráze a zarputile brání svá vejce. Aby člověk vysvětlil takové chování – ostatně jakékoli přízpůsobování – pokládá řečnickou detektivní otázku *Cui bono?* Kdo má prospěch z toho, když pták spatří dravce a spustí křik, kterým varuje hejno a zároveň upoutá pozornost na sebe? Je lákavé myslet na dobro skupiny – rodiny, kmene či druhu – ale většina teoretiků se shoduje, že evoluce takto nefunguje. Přirozený výběr může jen zřídka fungovat na úrovni skupin. Ukazuje se však, jak mnohá vysvětlení do sebe zapadají, když uvažujeme o jednotlivci tak, že se snaží zvětšit svou zásobu genů jejím šířením do další generace. Mnohé z těchto genů s ním samozřejmě sdílí jeho druh a ještě více jeho pokrevní příbuzní. On přirozeně o svých genech neví. A o nic takového se vědomě *nesnaží*. Ani by nikdo nepřisuzoval tento záměr samotnému genu – nepatrné entitě, která nemá mozek. Dawkins však ukázal, že to funguje, když se obrátí perspektivy a řekne se, že gen jedná tak, aby maximalizoval svou replikaci. Například si gen „může zajistit přežití tak, že následující těla obdaří dlouhýma nohama, která jim pomohou uniknout dravcům“.³⁹ Gen se může co nejvíc rozšířit tím, že dodá organismu instinktivní nutkání obětovat vlastní život pro záchranu potomstva –

samotný gen, shluk DNA, umírá s tělem živé bytosti, ale jeho kopie žije dál. Celý proces probíhá naslepo. Nenajdeme v něm předvídavost, záměr nebo poznání. Stejnou povahu mají podle Dawkinse i geny: „Neplánují nic dopředu, prostě jen existují, některé víc než jiné. A to je vše, co se k tomu dá říct.“⁴⁰

Historie života začala v okamžiku, kdy se nahodile objevily molekuly, jež byly dostatečně složité, aby sloužily jako stavební kameny – replikátory. Replikátor je nositelem informace. Přežívá a šíří se tím, že sám sebe kopíruje. Kopie musí být soudržné a spolehlivé, ale nikoli dokonalé – pro další evoluci je naopak nutné, aby se objevovaly chyby. Replikátory mohly existovat dávno před DNA i před proteiny. Podle konceptu, se kterým přišel skotský biolog Alexander Cairns-Smith, se replikátory objevily v přílnavých vrstvách jílových krystalů – byly to složité molekuly křemičitých minerálů. Jiné koncepty zobrazují evoluční hřiště tradičnějším způsobem, jako „prvotní živný roztok“. V každém případě se některé z těchto makromolekul, jež nesou informaci, rozpadají rychleji než jiné, některé vytvářejí hojnější nebo lepší kopie a další mají takový chemický účinek, že tříští soupeřící molekuly. Molekuly ribonukleové kyseliny RNA pohlcují energii fotonů jako miniaturní Maxwellovi démoni, jejichž roli hrají, a podněcují vytváření molekul, jež jsou větší a na informace bohatší. DNA, která je o něco stálejší, má dvojí schopnost – kopíruje se, a při tom zároveň vytváří další druh molekuly. To skýtá zvláštní výhodu – dokáže kolem sebe vytvořit ochranný plášť z proteinů. Je to Dawkinsův „stroj na přežití“ – nejprve přijdou na řadu buňky a pak stále větší tělesa s rostoucím inventářem, jež se skládá z membrán, tkání, údů, orgánů a schopností. To jsou efektní prostředky genů, které soupeří s jinými prostředky, přeměňují energii a dokonce zpracovávají informace. V boji o přežití některé prostředky vyhrávají, vytlačují druhé a znemožňují jim volné šíření.

Trvalo to určitou dobu, ale přístup zaměřený na geny a založený na informaci nakonec vedl k novému druhu detektivního hledání dějin života. Zatímco paleontologové hledají ve fosiliích kosterní pozůstatky, které byly předchůdci křídel a ocasů, molekulární biologové a biofyzici hledají zbytky DNA v hemoglobinu, onkogenech i jinde ve sbírce proteinů a enzymů. Werner Loewenstein poznamenal: „Právě vzniká molekulární archeologie.“⁴¹ Historie života je zapsána jazykem negativní entropie: „Tím, co se skutečně vyvíjí, je informace ve všech svých formách a podobách. Kdyby existoval nějaký průvodce pro živé tvory, asi bychom na prvním řádku četli biblické přikázání *Navyšuj svou informaci*.“

Organismus netvoří jeden gen. Rostliny a živočichové tvoří společenství, ve kterém spolupracuje nesčetné množství genů. Každý z nich hraje ve vývoji organismu svou roli. Je to složitý celek, v němž na sebe tisíce genů vzájemně

působí a vytváří se posloupnost reakcí, jež se šíří prostorem i časem. Tělo je kolonií genů. Jedná, pohybuje se a rozmnožuje se pochopitelně jako celek a navíc, přinejmenším v případě jednoho druhu, se s působivou jistotou jako celek také cítí. Perspektiva zaměřená na geny pomohla biologům pochopit, že geny, které utvářejí lidský genom, jsou jen zlomkem genů, jež v sobě každý člověk nosí. Lidé (stejně jako jiné druhy) jsou totiž hostiteli celého ekosystému mikrobů, zvláště bakterií. Naše „mikrobiomy“ nám pomáhají při trávení jídla a boji s nemocí, zatímco se rychle a přizpůsobivě vyvíjejí a naplňují své vlastní zájmy. Všechny tyto geny podstupují velkolepý proces vzájemné koevoluce – soupeří s jinými geny i se svými zástupnými alelami v obrovském přírodním genofondu, ale již nebojují samy. Jejich úspěch nebo neúspěch je podmíněn vzájemným působením. Dawkins podotýká: „Výběr upřednostňuje geny, které uspějí v přítomnosti jiných genů, jež zase uspějí vedle nich.“⁴²

Účinek každého genu závisí na tomto vzájemném aktivním vztahu s celkem i na vlivech prostředí a samotné nahodilosti. Popisovat účinky genu je ovšem dost složité. Nestačí říct, že účinkem genu vzniká protein, který je jím syntetizován. Řekněme, že chceme vyjádřit, že ovce nebo vrána mají gen pro černou barvu. Může to být gen, který vytváří protein určující černé zabarvení vlny nebo peří. Ovce, vrány a vůbec všichni tvorové, kteří mají potenciál pro černé zbarvení, ho však projevují v různých podmínkách a v různé míře – i vlastnost, jež vypadá tak jednoduše, má jen zřídka biologický přepínač typu vypnuto/zapnuto. Dawkins navrhuje případ genu, který syntetizuje protein, jenž jedná jako enzym s mnoha nepřímými a vzdálenými účinky – jedním z nich je umožňovat syntézu černé barvy.⁴³ Ještě vzdálenějším případem by byl gen, který podněcuje organismus k vyhledávání slunečního světla, jež je také důležité pro vznik černého pigmentu. Takový gen poslouží pouze jako spolupachatel, ale jeho role může být nepostradatelná. Je však obtížné ho nazvat genem *způsobujícím* černou barvu. A ještě těžší je zjistit geny, které rozhodují o složitějších vlastnostech – obezitě, agresivitě, pudu stavět hnízdo, inteligenci nebo homosexualitě.

Existují geny určené k takovým věcem? Pokud pod genem chápeme určité vlákno DNA, jehož vyjádřením je protein, tak ne. Přísně vzato nemůžeme říci, že existují geny *určující* vlastnosti – ani v případě barvy očí. Lze však říci, že rozdíl v genech mají sklon způsobovat rozdíl ve fenotypu (u reprodukováného organismu). Od prvních okamžiků, kdy vědci začali zkoumat dědičnost, se však o genech hovoří volněji. Pokud je v populaci nějaká vlastnost proměnlivá – například výška – a pokud tato různost podléhá přirozenému výběru, pak je to samozřejmě alespoň zčásti genetická záležitost. Variabilita výšky má genetickou složku. Neexistuje gen pro dlouhé nohy – ani gen pro nohy vůbec.⁴⁴ K vytvoření nohou je třeba mnoha genů a každý z nich vydává pokyny

v podobě proteinů – některé vyrábějí suroviny, jiné časové spínače či vypínače vlastnosti. Některé z těchto genů mají jistě vliv na růst delších nohou, než by bylo obvyklé, a právě jim můžeme zkráceně říkat geny *pro dlouhé nohy* – pokud pamatujeme na to, že dlouhonohost není přímo zastoupena nebo zakódována v genu.

Genetici, zoologové, etnologové i paleontologové si tak místo „genetická složka variability X“ zvykli říkat „gen pro X“.⁴⁵ Dawkins je jen nutil čelit logickým důsledkům. Pokud existuje nějaká genetická různost ve vlastnostech, například barvě očí nebo obezitě, musí existovat gen nebo geny pro tuto vlastnost. Nevadí, že skutečný projev vlastnosti může záviset na nekonečné řadě dalších faktorů, které mohou být způsobeny prostředím nebo dokonce náhodou. Pro ilustraci uvedl extrémní příklad – gen pro čtení.

Tato představa vypadá absurdně hned z několika důvodů. Čtení je naučené chování. Nikdo se nerodí se schopností číst. Pokud vůbec nějaká dovednost závisí na faktorech prostředí, například výchově a vzdělání, je to právě čtení. Před několika tisíci lety takové chování neexistovalo, a tak nemohlo podléhat přirozenému výběru. Stejně dobře by se dalo říci (jak se uštěpačně vyjádřil genetik John Maynard Smith), že existuje gen pro zavazování tkaniček. Dawkins se ale nedal. Poukázal na to, že geny přece rozhodují o *rozdílech*. Argumentaci začal jednoduše: nemůže existovat gen pro dyslexii?

K prokázání existence genu pro čtení by pak stačilo objevit gen pro nečtení, například gen vyvolávající takové poškození mozku, které způsobí specifickou dyslexii. Takový dyslektik může být po všech stránkách normální a inteligentní s výjimkou toho, že neumí číst. Žádného genetika by nepřekvapilo, kdyby se ukázalo, že tento druh dyslexie se přenáší nějakým mendelovským způsobem. Tento gen se pak bude projevovat pouze v prostředí, ve kterém je běžné vzdělání. V prehistorickém prostředí by nemusel mít žádný prokazatelný vliv nebo by mohl působit jinak, a jeskynní genetici by ho znali třeba jako gen pro neschopnost číst stopy zvířat...

Z běžných konvencí genetické terminologie vyplývá, že divoký [tedy většinový, v tomto místě nepoškozený] typ genu by se měl správně nazývat gen „pro čtení“. Pokud proti tomu něco namítáte, musíte mít také námitky proti tomu, abychom hovořili o genu pro výšku rostlin u Mendelova hrachu... V obou případech jde o *rozdíl* a v obou případech se tento rozdíl projevuje jen v určitém prostředí. Důvod, proč něco tak jednoduchého jako rozdíl jednoho genu může mít tak složité důsledky... je v podstatě tento: Jakkoli složitý může být daný stav světa, *rozdíl* mezi tímto a jiným možným stavem světa může způsobovat něco nesmírně jednoduchého.⁴⁶

Může existovat gen pro altruismus? Dawkins odpovídá kladně, jestliže to znamená „jakýkoli gen, který ovlivňuje vývoj nervové soustavy tak, že se díky němu pravděpodobně bude chovat altruisticky“.⁴⁷ Takové geny - replikátory, které přežijí - samozřejmě nevědí nic o altruismu ani o čtení. Ať jsou čímkoli a sídlí kdekoli, jejich účinky na fenotyp jsou důležité jen tehdy, pokud pomáhají genům v jejich šíření.

Molekulární biologie dosáhla znamenitého úspěchu, když jako gen označila proteiny kódující část molekuly DNA. Tak zní hardwarová definice. Softwarová definice je starší a zmatenější: jednotka dědičnosti, nositel rozdílu ve fenotypu. Tyto dvě definice neměly snadné soužití, a tak se Dawkins zahleděl až za ně.

Pokud mají být geny mistry ve schopnosti přežít, sotva se může jednat o pouhé zlomky nukleové kyseliny - ty jsou pomíjivé. Říci, že replikátor umí přežít celé věky, znamená definovat ho jako všechny kopie považované za jednu. Dawkins prohlásil, že jen díky tomu *nezestárne*:

Takto se může dožít milionu let stejně dobře jako jiní stovky. Generaci za generací skáče z těla do těla a jedno po druhém je ovládá po svém a ke svým účelům. Každé tělo pak postupně opustí dřív, než podlehne stáří a smrti.⁴⁸

„Nedělám nic jiného, než že zdůrazňuji potenciální nesmrtelnost genu v podobě kopií jako jeho určující vlastnost,“ říká Dawkins. Zde se život uvolňuje ze svého materiálního zakotvení. (Pokud jste již předtím nevěřili na nesmrtelnou duši.) Gen není makromolekula, která nese informaci. Gen je tou informací. V roce 1949 napsal fyzik Max Delbrück: „Dnes převládá sklon říkat, že geny jsou jen molekuly nebo částičky, které jsou nositeli dědičnosti. Tak se lidé vypořádávají s abstrakcemi.“⁴⁹ Tyto abstrakce se právě vrátily.

Kde je potom nějaký konkrétní gen, například gen pro dlouhé nohy u lidí? Je to něco podobného jako zeptat se, kde je Beethovenova Klavírní sonáta e moll. Je v původním notovém rukopisu? Nebo ve vytištěných notách? Nebo v nějakém konkrétním klavírním provedení? Či snad dokonce v souhrnu všech provedení, skutečných i těch, která žijí pouze v představách?

Osminové a čtvrté noty napsané perem na papír nejsou hudbou. Hudba nejsou řady tlakových vln, které se nesou vzduchem. Nejsou to ani drážky na gramodesce či prohlubně ve stopách kompaktního disku. Dokonce to nejsou ani neuronové symfonie, které se rozvíří v mozku posluchače. Hudba je informace. Stejně tak nejsou genem páry bází v DNA - ty pouze gen kódují. Gen sám se skládá z bitů.

DO NITRA MEMOFONDU

Parazitujete na mém mozku

Když přemítám o memech, často se přistihnu, jak si představuji prchavý, mihotavý obraz jisker, které skáčou z jednoho mozku do druhého a křičí: „Já! Já!“¹

DOUGLAS HOFSTADTER (1983)

Jacques Monod napsal v roce 1970: „Díky univerzálnosti svých genetických struktur - kódem počínaje - vypadá biosféra jako výsledek nějaké jedinečné události. Původně vesmír neoplýval životem a biosféra nebyla plná lidí. Naše číslo však vyšlo v ruletě. Je něco divného na tom, že se cítíme trochu zvláště, vzdáleně od skutečného života, podobně jako výherce milionu v kasinu?“²

Monod byl pařížský biolog, který spolu s dvěma kolegy získal Nobelovu cenu za objev role mediátorové RNA v přenosu genetické informace. Nebyl sám, kdo považoval biosféru za něco víc než pouhou představu. Viděl v ní bytost, sestávající ze všech životních forem planety, jednoduchých i složitých, které překypují informacemi, replikují se a vyvíjejí, kódují z jedné úrovně abstrakce na další. Tento pohled na život byl abstraktnější - matematictější - než vše, co si představoval Darwin, ale již on identifikoval jeho základní principy. Celé představení řídí přirozený výběr. Biologové již přijali metody a slovník vědy o lidské komunikaci a také oni začali přispívat k pochopení samotné informace. Monod navrhl tuto analogii: Tak jako biosféra převyšuje svět neživé hmoty, „království abstrakce“ převyšuje biosféru. A kdo obývá toto království? Ideje.

Ideje si udržely některé z vlastností organismu. Podobně jako organismy mají sklon zachovat si svou strukturu a množit se. Stejně tak se mohou i spojovat, rekombinovat, oddělovat svůj obsah, dokonce se vyvíjet. A v této evoluci musí výběr jistě hrát důležitou roli.³

Dále poznamenal, že ideje mají „takřka nakažlivou schopnost se šířit“ - některé více než jiné. Příkladem nakažlivé ideje mohou být ideologie některých náboženských institucí, které ovládají obrovské skupiny lidí. Americký neurofyziolo-