

ČO JE ŽIVOT?

PÄŤ

POZORUHODNÝCH

MYŠLIENOK

O BIOLÓGII

PAUL NURSE

LAUREÁT NOBELOVEJ CENY

Paul Nurse
Čo je život?

ČO JE ŽIVOT?

PÄŤ POZORUHODNÝCH
MYŠLIENOK O BIOLÓGII

PAUL NURSE

LAUREÁT NOBELOVEJ CENY

UPRAVIL BEN MARTYNOGA

AKTUELL

Dielo je autorsky chránené. Všetky práva, najmä rozmnožovať a rozširovať, rovnako ako právo prekladu, sú vyhradené. Žiadna časť tohto diela sa nesmie bez písomného súhlasu majiteľa autorských práv reprodukovať, spracovávať, rozmnožovať alebo rozširovať vo forme fotokópií, mikrofilmov a ani inými metódami použitia elektronických systémov ukladania do pamäte.

Paul Nurse: Čo je život?

Z anglického originálu *What is Life?*, ktorý vydalo vydavateľstvo David Fickling Books, 31 Beaumont Street, Oxford, United Kingdom.

Copyright © Paul Nurse 2020

All rights reserved.
Všetky práva vyhradené.

Translation © Milan Kopecký 2022

Cover design © Paul Duffield
Reproduced with permission from David Fickling Books.

Redakčne upravila: Ivana Fábryová
Korigoval: Albert Lučanský
Sadzba a zalomenie: Samuel Ryba – Design Ryba

Tlač: FINIDR, s. r. o., Český Těšín, Česká republika

Vydal AKTUELL vydavateľstvo, s. r. o., Bratislava, Slovenská republika
Slovak edition © AKTUELL 2022

ISBN 978-80-89873-29-6

Život je všade okolo nás, bohatý a rozmanitý, vyvoláva v nás úžas. Lenže čo v skutočnosti znamená byť nažive?

Laureát Nobelovej ceny Paul Nurse zasvätil kariéru odkrývaniu tajomstiev bunkového života. V tejto knihe sa podujal na neľahkú úlohu, a to vysvetliť život tak, aby mu porozumel každý čitateľ. Na ceste za poznaním objasňuje, krok za krokom, päť zásadných princípov, na ktorých stojí biológia. Skúma korene vlastnej zvedavosti a znalostí, aby nám umožnil nazrieť do súčasnosti aj minulosti vedeckého výskumu. Čerpajúc zo svojich skúseností z laboratória či mimo neho rozpráva Paul Nurse o zdolávaní prekážok, šťastných náhodách a vzrušujúcich chvíľach historických objavov.

Ak chceme zvládnuť všetky problémy, ktorým dnes ľudstvo čelí – od klimatickej zmeny cez pandémie až po biodiverzitu a potravinovú bezpečnosť –, musíme v prvom rade pochopiť, čo je život.

*Kamarátovi a otcovi Andymu „Yogovi“ Martynogovi,
mojim vnúčatám Zoe, Josephovi a Joshuovi a ich generácii,
ktorá sa bude musieť postarať o život na našej planéte.*

OBSAH

Úvod.....	11
1. Bunka	
<i>Atóm biológie</i>	15
2. Gén	
<i>Skúška časom</i>	25
3. Vývoj prirodzeným výberom	
<i>Náhoda a nevyhnutnosť</i>	49
4. Život ako chémia	
<i>Poriadok z chaosu</i>	65
5. Život ako informácia	
<i>Fungovanie celku</i>	89
Meniaci sa svet.....	117
Čo je život?.....	137
Poďakovanie.....	155
O autorovi.....	157

ÚVOD

K prvým vážnejším úvahám o biológii ma priviedol motýľ. Bola jar, mal som dvanásť, možno trinásť rokov a práve som sedel v záhrade, keď cez plot preletel žltý motýľ. Obrátil sa, postál na mieste a posadil sa – dosť krátko na to, aby som si všimol zložitú sieť ciev a škvŕn na krídlach. Keď ho potom vyrušil tieň, motýľ znova vzlietol a zmizol na druhej strane plotu. Ten rafinovaný, dokonale vyvinutý živočích ma donútil zamyslieť sa. Bolo to čosi celkom iné, no zároveň veľmi povedomé. Jednoznačne bol nažive: vedel sa hýbať, vnímať, reagovať, akoby sledoval nejaký *cieľ*. Prinútil ma zamyslieť sa, čo vlastne znamená byť nažive. Stručnejšie vyjadrené: čo je život?

Odmalička premýšľam o tejto otázke, ale nie je ľahké nájsť na ňu odpoveď. Možno bude znieť prekvapivo, že neexistuje jedna základná definícia života, hoci bádatelia si nad ňou lámajú hlavu už veky. Ešte aj názov tejto knihy som nehanebne ukradol Erwinovi Schrödingerovi, ktorý

v roku 1944 publikoval rovnomenný a dodnes vplyvný titul. Zameril sa v ňom iba na jednu z dôležitých stránok života: ako sú živé organizmy po celé generácie schopné zachovávať taký fantastický poriadok a jednotu vo vesmíre, ktorý sa podľa druhej termodynamickej vety neprestajne vyvíja do chaosu a rozkladu? Schrödinger si veľmi správne uvedomoval, aká je to zásadná otázka, a veril, že kľúčom k jej porozumeniu je dedičnosť, teda to, čo sú gény a ako sa precízne odovzdávajú z generácie na generáciu.

V tejto knihe si kladiem rovnakú otázku – Čo je život? –, ale nesúhlasím, že na získanie úplnej odpovede stačí porozumieť dedičnosti. Treba rozšíriť perspektívu, preto sa sústredím na päť veľkých myšlienok biológie a spoločne budeme po nich stúpať ako po schodoch, aby sme mali lepší prehľad o princípoch života. Všetko sú to dobre známe myšlienky a panuje všeobecná zhoda, že na ich základe sa dá vysvetliť fungovanie živých organizmov. Mojmým príspevkom bude, že sa pokúsím dať ich do nových súvislostí a vyvodíť z nich zjednocujúce definičné znaky života. Hádám sa mi podarí ukázať vám živý svet v nevšedných farbách.

Hneď na začiatok by som asi mal povedať, že my, biológovia, neradi rozprávame o veľkých myšlienkach a univerzálnych teóriách. V tom sa dosť líšime od fyzikov. Neraz pôsobíme dojemom, že nám je lepšie, keď sa môžeme prehrabávať v detailoch, opisoch a menoslovoch, či už ide o evidenciu druhov žijúcich v konkrétnom prostredí, o rátanie chlupov na nohe nejakého chrobáka, alebo o sekvenovanie tisícok génov. Možno je to práve

tá ohromujúca, niekedy až dych vyrážajúca rôznorodosť prírody, čo nás odrádza od hľadania jednoduchých teórií a všeobecných právd. Lenže aj v biológii takéto princípy existujú a pomáhajú nám vyznať sa v nekonečnej zložitosti života.

Priblížim vám týchto päť tém: „Bunka“, „Gén“, „Vývoj prirodzeným výberom“, „Život ako chémia“, „Život ako informácia“. Okrem toho, že vysvetlím, odkiaľ sa vzali, prečo na nich záleží a ako spolu súvisia, chcel by som vám aj ukázať, že sa ustavične menia a dodnes vyvíjajú podľa toho, ako vedci na celom svete prichádzajú na nové objavy. Viacerých z týchto výskumníkov osobne poznám, preto by som vám ich rád predstavil, aby ste zistili, aké to je zúčastniť sa na vedeckom objave. Porozprávam vám aj o vlastných skúsenostiach z laboratórnej práce, o tušeníach, frustrácii, šťastí a o zriedkavých, ale úžasných chvíľach, keď človek príde na čosi naozaj nové. Chcel by som sa s vami podeliť o vzrušenie z vedeckého objavu a pocit uspokojenia späť s každým ďalším odhaleným dielikom poznania prírodného sveta.

Našu klímu a ekosystémy, ktoré sú od nej závislé, dohnala ľudská činnosť na hranicu toho, čo sú schopné zvládať – a niekedy aj za ňu. Ak chceme udržať život v podobe, akú poznáme, budeme musieť načrieť hlboko do svojich vedomostí o živom svete. Preto bude biológia v nasledujúcich rokoch a desaťročiach hrať čoraz významnejšiu úlohu pri prijímaní rozhodnutí týkajúcich sa toho, ako ľudia žijú, ako jedia, ako sa rodia, liečia a chránia proti pandémiám. Biologické poznanie má veľa spôsobov uplatnenia v praxi, ale prináša aj negatívne

stránky, náročné etické otázky a nezamýšľané dôsledky. Kým sa však pustíme do diskusie o týchto témach, musíme sa spýtať, čo je život a ako funguje.

Žijeme v obrovskom a magickom vesmíre, no život, ktorý sa rozvinul v našom skromnom kúte, je najzáhľadnejšia a najfascinujúcejšia súčasť toho všetkého. Päť tém opísaných v tejto knihe nám posluží ako päť krokov postupne odhaľujúcich zákonitosti riadiace život na zemi. Okrem iného nám pomôžu zamyslieť sa, ako život na našej planéte vznikol a ako by mohol vyzerateľ, ak naň natrafíme niekde inde vo vesmíre. Bez ohľadu na to, koľko toho viete o prírodných vedách teraz – dokonca aj keď si myslíte, že viete veľmi málo alebo vôbec nič –, táto kniha vznikla s cieľom, aby ste po jej prečítaní lepšie chápali, ako sme vy, ja, ten žltý motýľ a všetko ostatné živé na planéte poprepájaní.

Dúfam, že spoločne lepšie porozumieme tomu, čo je život.

1. BUNKA

Atóm biológie

Prvú bunku som videl v škole, nie dlho po zážitku so žltým motýľom. V triede sme naklíčili semená cibule a zlisovali ich na podložné sklíčko, aby sme cez mikroskop videli, z čoho sa skladajú. Náš inšpiratívny učiteľ biológie Keith Neal nám vysvetlil, že uvidíme bunky, základné stavebné jednotky života. A veruže sme videli: rovnomerne naukladané kocky v pravidelných radoch a stĺpcoch. Pripadalo mi úžasné, že rast a delenie týchto maličkých buniek stačia na to, aby korene cibule prenikli do pôdy, zachytili sa tam a zásobovali rastlinu vodou a živinami.

S pribúdajúcimi znalosťami o bunkách môj úžas silnel. Existuje neuveriteľné množstvo veľkostí a tvarov buniek. Väčšina z nich je primalá, aby sme ich videli voľným okom, sú naozaj miniatúrne. Parazitických buniek, ktoré napádajú močový mechúr, sa do jedného milimetra vojde vyše tritisíc. Iné bunky sú obrovské. Ak ste dnes mali na raňajky vajíčko, s jedným žĺtkom ste zjedli presne

jednu bunku. Aj v ľudskom tele sú veľké bunky. Niektoré nervové bunky siahajú od chrbtice až po koniec palca na nohe, čo znamená, že merajú asi meter!

Ale aj napriek tejto rôznorodosti sa mi najzaujímavejšie zdá to, čo majú bunky spoločné. Vedci vždy hľadajú základné jednotky toho, čo skúmajú. Napríklad základná jednotka všetkej hmoty je atóm. V biológii plnia úlohu atómu bunky. Nielenže sú základným stavebným prvkom všetkých živých organizmov, sú aj základným funkčným prvkom života. My, biológovia, to nazývame *bunková teória*: z nášho doterajšieho poznania vyplýva, že všetko, čo je na planéte živé, je buď bunka, alebo kombinácia buniek. Bunka je to najjednoduchšie, o čom sa dá jednoznačne povedať, že to žije.

Bunková teória vznikla asi pred stopäťdesiatimi rokmi a stal sa z nej pilier biológie. Vzhľadom na to, aký podiel má na našom chápaní biológie, prekvapuje ma, že jej nepatrí výsadnejšie miesto v ľudskej predstavivosti. Možno je problém v tom, že nás v škole učia, aby sme o bunkách premýšľali len ako o stavebných prvkoch zložitejších celkov, hoci skutočnosť je oveľa zaujímavejšia.

Príbeh bunky sa začal odvíjať v roku 1665 vďaka Robertovi Hookovi, členovi práve založenej Kráľovskej spoločnosti v Londýne, prvej akadémie vied na svete. Ako býva vo vedeckom výskume zvykom, nový objav umožní nová technika. Keďže väčšinu buniek nevidieť voľným okom, museli si na svoje objavenie počkať do začiatku sedemnásteho storočia, keď bol vynájdený mikroskop. V prírodovedcovi sa často spája teoretik so zručným remeselníkom, a to rozhodne platí o Hookovi,

ktorý skúmal hranice fyziky, architektúry či biológie s rovnakou ľahkosťou, s akou vynalieval vedecké prístroje. Zostrojoval si vlastné mikroskopy a s ich pomocou objavoval tajomné svety, za normálnych okolností ukryté pred naším zrakom.

Jedným z objektov Hookovho záujmu bol aj tenký rez korku. Bádateľ si všimol, že korkové drevo tvoria rady ohraničených dutiniek, podobné bunkám v koreni cibule, ktoré som ako chlapec obdivoval o tristo rokov neskôr. Hooke tie dutiny pomenoval „cell“ z latinského *cella*, čo znamená malá miestnosť alebo cela. Vtedy ešte netušil, že to, čo v mikroskope videl, je základný stavebný prvok nielen všetkých rastlín, ale všetkého života.

Krátko po Hookovi urobil ďalší zásadný krok Holanďan Anton van Leeuwenhoek, keď objavil jednobunkový život. Mikroskopické organizmy plávali vo vzorke vody z rybníka aj v povlaku, ktorý si sám zoškrabal zo zubov – čo ho mierne znepokojilo, keďže bol hrdý na svoju dentálnu hygienu. Maličkým tvorom vymyslel roztomilé pomenovanie „animalkuly“, ale dnes už tento termín nepoužívame. Organizmy zoškriabané zo zubov boli v skutočnosti prvé baktérie, ktoré kedy kto opísal.

Dnes vieme, že baktérie a iné mikrobiálne bunky (slovom „mikrób“ označujeme všetky mikroskopické organizmy, ktoré sú schopné žiť ako samostatné bunky) sú dnes najpočetnejšie zastúpené formy života na zemi. Nájdeme ich v každom prostredí, od atmosférických výšok až po hlbiny zemskej kôry. Bez nich by všetok život ustal. Rozkladajú odpad, posilňujú pôdu, recyklujú živiny a zachytávajú z ovzdušia dusík, ktorý

potrebujú rastliny a živočíchy, aby mohli rásť. Keď sa výskumníci zamerali na naše vlastné telá, zistili, že na každú jednu z vyše tridsiatich miliónov ľudských buniek pripadá aspoň jedna mikrobiálna bunka. Vy – a každý iný človek – nie ste izolovaná, samostatná bytosť, ale obrovská a ustavične sa meniaci kolónia zložená z ľudských a „mimoludských“ buniek. Mikrobiálne bunky baktérií a húb žijú *na* nás a *v* nás, podieľajú sa, okrem iného, na trávení jedla a boji proti chorobám.

Ibaže do sedemnásteho storočia nemal nikto tušenie, že tieto neviditeľné bunky existujú, nevraviac o tom, že by sa mali riadiť podľa rovnakých zásad ako iné, viditeľnejšie formy života.

Počas celého osemnásteho až do začiatku devätnásteho storočia sa mikroskopy a mikroskopová technika zlepšovali a vedci boli čoskoro schopní identifikovať bunky najčudesnejších živých tvorov. Niektorí sa pohrávali s myšlienkou, že možno všetky rastliny a živočíchy pozostávajú zo zhlukov animalkúl, ktoré Leeuwenhoek objavil niekoľko generácií pred nimi. Až napokon, po dlhom období príprav, konečne uzrela svetlo sveta bunková teória. V roku 1839 botanik Matthias Schleiden a zoológ Theodore Schwann, vychádzajúc z práce vlastnej aj iných, napísali, že „všetky organizmy sa skladajú z veľmi podobných častí, konkrétne z buniek“. Prírodné vedy dospeli k prenikavému záveru, že bunka je fundamentálnym stavebným prvkom života.

Dôsledky tohto zistenia sa ešte väčšmi prehĺbili, keď si biológovia uvedomili, že každá bunka je sama osebe formou života. S touto myšlienkou prišiel ako prvý

patológ Rudolf Virchow, ktorý v roku 1858 vyhlásil, že „každý živočích sa zdá byť súčtom svojich životodarných častí, pričom každá z nich vykazuje kompletný súbor charakteristík života“.

Chcel tým povedať, že bunky si žijú vlastným životom. Najjasnejší dôkaz o tom prinášajú biológovia vtedy, keď odoberú bunky z viacbunkových živočíchov alebo rastlín a udržiavajú ich pri živote v sklených alebo plastových nádobách, ako je napríklad Petriho miska. Niektoré z týchto bunkových línií prežívajú v laboratóriách po celom svete desiatky rokov. Vedci môžu na nich sledovať biologické procesy bez nutnosti podrobovať skúmaniu celý zložitý organizmus. Bunky sú aktívne, dokážu sa hýbať a reagovať na prostredie, ich vnútro sa nikdy nezastaví. V porovnaní s celým organizmom, napríklad s rastlinou alebo so živočíchom, môžu pôsobiť jednoducho, ale sú jednoznačne nažive.

Napriek tomu Schleiden a Schwann vo svojej pôvodnej teórii na čosi veľmi dôležité zabudli. Neopísali, ako nové bunky vznikajú. Až neskôr si prírodovedci všimli, že bunky sa množia delením, a prišli k záveru, že na to, aby vznikla nová bunka, musí existovať nejaká predňou. Virchow túto myšlienku spopularizoval latinským epigramom *omniscellula e cellula*, čo znamená, že bunky pochádzajú z buniek. Výrok pomohol aj pri vyvracaní mylnej predstavy, vtedy ešte vždy pomerne rozšírenej, že život sa môže spontánne zrodiť z mŕtvej hmoty – tak to však nie je.

Delenie buniek je základ rastu a vývinu všetkých živých organizmov. Pre celistvé, oplodnené vajíčko živočícha je