

Čo hýbe svetom?

.Iadislav Kováč

Ľudia sú jedným z miliónov živočíšnych druhov na Zemi. Človek je však možno jediným živočíchom, v ktorého evolúcii sa vynorila schopnosť uvedomovať si vlastnú existenciu.

● **sebauvedomovanie** prinieslo človeku existenciálnu úzkosť a strach z neznámeho, ale aj potrebu rozumieť svetu a orientovať sa v ňom. Slabý živočích našiel prostriedok proti úzkosti: začal si tvoriť mýty. Evolúcia eliminovala jedincov neistých, úzkostlivých, ohromených – a ochromených – nepochopiteľnosťou sveta a človeka vyformovala do podoby mýtofilného živočicha. Nevedel nič a vďaka mýtu naraz vedel všetko. Historici predpokladajú existenciu sto tisíc rozdielnych náboženských systémov. Mýtofil verí v jedinú pravdu: svoju vlastnú – a bije sa za ňu. Podľa vyjadrenia katolíckej aktivistky Klary Lubich, „pre veriaceho existuje odpoveď na všetko. Viera vnáša do ľudského života rovnováhu.“

Mýty sa podieľali na vzniku ľudskej kultúry. Človek žije vo fyzickom svete, tak ako všetky živé tvory. Ale zásluhou kultúry aj v inom svete, ktorý je špeciálny pre náš druh – v symbolickom.

Pred 2 500 rokmi vykročilo ľudstvo na cestu „od mýtu k Logu“: v Grécku sa zrodila filozofia ako racionálne skúmanie sveta. A iba v 17. storočí došlo k vzniku modernej vedy. Už niekoľko prvých filozofov začalo hľadať odpoveď na základnú otázku: „Prečo vôbec niečo je, prečo nie je nič?“ Nezhodli sa. Odpoveď jedného z nich, Aristotela, ostala ukotvená v tradícii mýtov: všetko, čo existuje, má svoju príčinu, tá má zas svoju príčinu a tak by sme mohli zostupovať do nekonečna. No podľa neho na začiatku je prvá príčina, Nehybný Hýbateľ, ktorý sám príčinu nemá, a ním je Boh.

Veda nám zatiaľ neposkytuje odpoveď na túto staronovú záhadu. Ostáva nám iba konštatovať, že „je to, čo je – a to dovtedy, kým je, kým si udržuje svoju onticitu“. Veda má však odpoveď na druhú základnú otázku: „Čo je príčinou, že sa vôbec niečo deje?“ Odpoveďou je druhá veta termodynamiky (v tomto špecifickom prípade slovo „veta“ používame v slovenčine, podobne ako v nemčine, kým v angličtine sa označuje ako „zákon“). V optike vedy je aristotelovským Nehybným Hýbateľom sveta Druhá veta.

Druhú vetu vyslovil v r. 1865 fyzik Rudolf Clausius. Skúmal, ako urobiť výkon parných strojov čo najúčinnnejším. Založil vednú oblasť, ktorú nazývame termodynamikou a zaviedol pojem entropia. Entropiu vyjadril pomerne abstraktne matematickým vzorcom ako podiel tepla, ktoré pri svojej činnosti prijme ideálny termodynamický systém, a absolútnej teploty. Analýza ho priviedla k vysloveniu vety, ktorá je považovaná za jeden z najdôležitejších prírodných zákonov: v prírode prebiehajú spontánne, samy od seba, len také procesy, pri ktorých rastie entropia. Druhá veta termodynamiky a jej dominantný pojem, entropia, sa odvtedy úspešne používali v tech-



Rudolf J. E. Clausius (1822 – 1888), zakladateľ termodynamiky, tvorca pojmu entropie. Nevyhnutný vzrast entropie zapríčiňuje nezvratnosť spontánnych prírodných dejov, čím zakladá jednosmernosť času.

nických výpočtoch, ale na konceptuálnej úrovni boli dlho nesprávne vykladané.

V roku 1959 povedal anglický fyzik a spisovateľ Charles Percy Snow, že pre zjednotenie kultúry by znalosť Druhej vety termodynamiky mala byť rovnako samozrejماً ako poznanie diela Shakespeara.

.entropia

Náš fyzický svet pozostáva z hmoty a energie. V celom vesmíre je množstvo energie, veličiny definovanej ako schopnosť konať prácu, konštantné a nemení sa. Energia je však rozdelená nepravidelne a len premieňa svoje rôzne formy. Lokálne rozdiely v rozmiestnení energie, energetické gradienty, poháňajú všetko dianie. Energia „tečie“ po spáde svojich gradientov dvoma spôsobmi. Jeden z nich sa nám ľuďom javí ako práca, druhý vnímame ako teplo. Vzrast termodynamickkej entropie je prejavom znižovania energetických gradientov, rozptyľovania energie, ubúdania jej využiteľnosti na konanie práce, jej znehodnocovania, „disipácie“. Možno preto niektorí fyzici považovali entropiu za mieru neusporiadania, neporiadku a tento názor sa dostal aj do učebníc. Nesprávne. Pridali sa laici. V bežnej reči sa slovo entropia stalo takmer synonymom pre označenie zmätku a chaosu a jeho použitie v tomto zmysle sa rozšírilo aj na oblasti, kam vôbec nepatrí.

Zo svojej formulácie Druhej vety Clausius uzavrel, že vesmír má šípku času: dianie je jednosmerné, beží iba tým smerom, v ktorom veľkosť entropie stále na-

Bola doba, keď mnohí vedci, fyzici a najmä biológovia, považovali život za čosi, čo sa vymyká Druhej vete, ba priam pôsobí proti nej. Nie je to tak. „Šípka života“ nie je namierená proti „šípke času“, ale je jej súčasťou. V bielych dierach vesmíru pribúda na istý čas komplexnosť a rastie poznanie – ale to len preto, že živé organizmy účinne likvidujú gradienty energie, ktoré majú k dispozícii.

.informácia

Situácia s chápaním entropie sa ešte skomplikovala uprostred 20. storočia, keď matematik Claude Shannon uverejnil teóriu komunikácie a v nej zaviedol nový pojem: „informačná entropia“. Názov mu poradil jeho priateľ matematik John von Neumann s poznámkou, že „nik nevie, čo entropia naozaj je, takže v debatách budeš vždy mať výhodu“. Neskôr mnohí seriózní vedci zavedenie toto termínu považovali za chybu, pretože vraj „otvorilo Pandorinu skrinku intelektuálneho zmätku“.

Dnes však môžeme skoro s určitosťou povedať, že nešlo o chybu. Matematický vzorec, ktorý odpovedá Shannonovej informačnej entropii, je takmer rovnaký, ako je vzorec, ktorým Gibbs vyjadril Clausiusovu termodynamickú entropiu. Oba vzorce vyjadrujú to isté: entropia ako neurčitost je priamo úmerná pravdepodobnosti stavu. Čím väčšia pravdepodobnosť, tým väčšia entropia. Líšia sa len v konštante úmernosti, ktorá určuje aj jednotky, v ktorých sa veľkosti oboch veličín udávajú: termodynamická entropia v jouloch

Dáta ostávajú informačnou entropiou, pokiaľ z nich nevydolujeme akú-takú informáciu.

rastá. Vesmír ako čo by bol natiahnutou strunou, ktorej napnutie sa v priebehu času rozvoľňuje a nakoniec sa stane nulovým. Podľa Clausiusa vesmír je namierený k svojmu koncu, „tepelnej smrti“, keď sa všetko dianie zastaví. Koncom 19. storočia iní dvaja fyzici, Ludwig Boltzmann a Willard Gibbs, navrhli alternatívu ku Clausiusovmu vzorcu entropie: entropia je mierou pravdepodobnosti stavov sveta. Tepelná smrť vesmíru by odpovedala maximálnej pravdepodobnosti.

V druhej polovici 20. storočia niektorí bádatelia pridali ku Clausiusovej formulácii o vzraste entropie „princíp maximálnej tvorby entropie“: entropia má nielen tendenciu rásť, ale zvyšovať sa čo najrýchlejšie. Fyzik nobelista Ilya Prigogine zistil, že gradienty energie sa najrýchlejšie odbúravajú vtedy, keď sa ich energia využije na zhotovovanie zvláštnych typu organizovanej hmoty, ktorú nazval „disipatívne štruktúry“. Takými štruktúrami sú napríklad tornáda, hurikány a niektoré chemické autokatalytické systémy. Ale aj všetko, čo je živé.

Živé organizmy zrejme zákonite vznikajú vo svete ako zariadenia na veľmi intenzívne zvyšovanie entropie vo svojom prostredí. Pritom však energiu, ktorú z prostredia čerpajú, využívajú na poznávanie prostredia a na vlastné udržiavanie a množenie. Oblasť vesmíru, v ktorej existuje život, mohli by sme, v protiklade k známym „čiernym dieram“, nazvať „bielymi dierami“. Planéta Zem je jednou z bielych dier vesmíru.

(J), v jednotke, ktorou sa meria energia, vydelených kelvinmi (K), jednotkou absolútnej teploty. Informačná entropia (a s ňou zviazanú informáciu) sa udáva v bitoch.

Intelektuálny zmätok? Nie. V roku 1957 fyzik Edwin Jaynes ponúkol vysvetlenie: Princíp entropie je iba prípadom všeobecnejšieho spôsobu uvažovania, ktorý nie je závislý na zákonoch fyzického sveta. Termodynamická entropia je len špecifickým prípadom entropie. Iným prípadom je informačná entropia, ktorá sa týka objektov a diania v symbolickom svete.

Aby sme prežili vo fyzickom svete, musíme ho poznávať. Vytvárame si hypotézy, stavíme si otázky a informačná entropia je mierou našej neistoty. Odpovede hľadáme vo fyzickom svete okolo seba tým, že ho pozorujeme, meriame, alebo s ním experimentujeme. A takto hromadíme dáta. Rozdiel medzi entropiou pred meraním a po meraní predstavuje informáciu, ktorú sme získali a ktorou sme rozšírili svoje poznanie. Poznanie sa stáva súčasťou nášho symbolického sveta, ale využívame ho na to, aby sme konali vo fyzickom svete a menili ho vo svoj prospech.

Pri manipulácii vo fyzickom svete spotrebujeme energiu a zvyšujeme termodynamickú entropiu prostredia. Manipulácia s poznaním v symbolickom svete tiež vyžaduje energiu, ale o veľa rádov menšiu. Jeden bit informácie, prepočítaný na jednotky termodynamickkej entropie, predstavuje nepatrnú veličinu 10-23 J/K. Prečítaním (v symbolickom svete!) všetkých kníh, čo ľudia v doterajšej histórii napísali, by sme zvýšili

termodynamickú entropiu vesmíru o menšiu hodnotu než je entropia, ktorú zvýšime, keď (vo fyzickom svete) privedieme vodu v malom hrnčeku do varu.

. dátová potopa

Zvyklo sa hovoriť, že žijeme v „informačnej dobe“. Nie je to pravda. Termín informácia sa používa rovnako vágne a nedbalo, ako termín entropia. Žijeme v dobe dátovej potopy. Nesmierne rastie informačná entropia, ktorú počítame v bitoch alebo v bajtoch.

Už v roku 2010 ľudstvo na Zemi vyprodukovalo každý deň nových 2,5 exabajtov (exa je číslo s 18 nulami, kvintilión) dát – čo je viac než vytvorilo po celú dobu svojej existencie až do roku 2003; a odhaduje sa, že v 2025 budeme mať k dispozícii 163 zetabytov (zeta je číslo s 21 nulami, sextilión) dát. Dáta ostávajú informačnou entropiou, pokiaľ z nich nevydolujeme akú-takú informáciu a tým zväčšíme svoje poznanie. Ale aj ten nepatrný podiel informácie, na ktorú sme schopní dáta premeniť, prirastá so stále väčšou rýchlosťou. Robí svet, v ktorom žijeme, stále zložitejším s problémami stále ťažšie riešiteľnými a jeho budúcnosť stále menej predvídateľnou.

Hoci k premena dát na informáciu dochádza v symbolickom svete, procesy ich získavania a využívania informácie k uspokojovaniu ľudských potrieb

sa dejú vo fyzickom svete a sú spojené s ohromnou spotrebou energie a generovaním termodynamickej entropie. Energetická a migračná kríza, ako aj nezastaviteľná klimatická zmena a hromadenie materiálneho odpadu, majú svoje vysvetlenie cez Druhú vetu termodynamiky.

Pritom sa naša ľudská prirodzenosť nemení: ostávajú mýtofilmi. Ak starobylé náboženské mýty sú vytláčané filozofiou sekulárneho humanizmu duchovnej elity, či cynizmom alebo ontologickým pragmatizmom – oportúnnym prispôsobovaním sa, sledovaním čisto sebeckých cieľov, neuznávaním nadosobných hodnôt – más, nejde o nijakú múdrosť, založenú na vede, ale o nové mýty. Veda nám pohľad zjasňuje: Druhá veta je súčasťou kozmickej hry, v priebehu ktorej sa využiteľnosť energie z prostredia ku konaniu práce síce znižuje, ale zároveň v bielych dierach rastie poznanie.

A aký je zmysel celej hry? Nevieme – ľudský druh je iba hercom uprostred hry. Nie celkom vydareným; skôr nepodarkom. Možno mu príde scénu čoskoro opustiť. Zdá sa, že zatiaľ je táto prírodná nevyhnutnosť neprijateľná rovnako pre sekulárnych mýtofilov ako pre religióznych ľudí.

Autor je biochemik a kognitívny biológ •