CARL SAGAN

MILIARDY A MILIARDY

ÚVAHY O ŽIVOTE A SMRTI NA PRELOME TISÍCROČIA


m a
m a š

Carl Sagan

MILIARDY A MILIARDY

Úvahy o živote a smrti na prelome tisícročia

Z angličtiny preložil
Zdeněk Urban

m a
m a š

Carl Sagan
Miliardy a miliardy
Úvahy o živote a smrti na prelome tisícročia
Prvé vydanie

BILLIONS AND BILLIONS:
Thoughts on Life and Death at the Brink of the Millennium
Copyright © 1997 by The Estate of Carl Sagan.
Copyright © 2006 by Democritus Properties, LLC.
With permission from Democritus Properties, LLC. All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

Slovak edition © Vydavateľstvo MAMAŠ 2026
Translation © 2026 Zdeněk Urban
All rights reserved.

info@mamasknihy.sk
www.mamasknihy.sk

ISBN 978-80-8268-269-7

Mojej sestre Cari, jedinej zo šiestich miliárd.

OBSAH

Časť I.
SILA A KRÁSA KVANTIFIKÁCIE

Miliardy a miliardy
13

Perzská šachovnica
23

Lovci z pondelňajších večerov
37

Upretý pohľad Boha
a kvapkajúci kohútik
49

Štyri kozmické otázky
65

Toľké slnká, toľké svety
75

Časť II.
ČO SA SNAŽIA KONZERVATÍVCI KONZERVOVAŤ?

Svet, ktorý prišiel poštou
87

Životné prostredie:
Čo je obozretné?
94

Kroisos a Kassandra
104

Chýba kus oblohy
111

Pasca: Otepľovanie sveta
129

Ako ujsť z pasce?
150

Náboženstvo a veda ako spojenci
173

Časť III.
KDE SA ZRÁŽAJÚ SRDCIA S MYSĽAMI

Spoločný nepriateľ
189

Potraty: Dá sa byť aj „za život“, aj „za slobodnú voľbu“?
(spoluautorka Ann Druyanová)
206

Pravidlá hry
227

Gettysburg a súčasnosť
(spoluautorka Ann Druyanová)
241

Dvadsiate storočie
255

V temnom údolí
267

Epilóg Ann Druyanovej
278

Poďakovania
286

Odkazy na literatúru
289

O autorovi
295

Zoznam ilustrácií
a fotografií
300

Časť I.

SILA A KRÁSA KVANTIFIKÁCIE



Kapitola 1
MILIARDY A MILIARDY

Sú takí, ... čo si myslia, že počet [zrniek] piesku je nekonečný... A sú takí, čo ho nepovažujú za nekonečný, ale predsa len si myslia, že nebolo pomenované nijaké číslo, ktoré by na to bolo dosť veľké... Avšak ja sa vám pokúsim ukázať [čísla, ktoré] presahujú nielen počet zrniek v mase piesku vypĺňajúcej Zem... no aj v takej mase, ktorá by sa veľkosťou rovnala vesmíru.

ARCHIMEDES
(približne 287 – 212 pred n. l.)
O počítaní piesku

Nikdy som to nepovedal. Čestné slovo. Och, povedal som, že existuje azda 100 miliárd galaxií a 10 miliárd biliónov hviezd. Hovoriť o kozme bez používania veľkých čísel je obťažné. V televíznom seriáli *Cosmos,* ktorý pozeral veľký počet ľudí, som mnohokrát povedal „miliarda". No nikdy som nepovedal „miliardy a miliardy". Preto, že je to príliš nepresné. Koľko miliárd *sú* „miliardy a miliardy"? Zopár miliárd? Dvadsať miliárd? Sto miliárd? „Miliardy a miliardy" je značne vágny výraz. Keď sme tento seriál prepracovávali a aktualizovali, skontroloval som si to – a určite som to nikdy nepovedal.

No Johnny Carson – v ktorého televíznej šou *Tonight* som počas rokov vystúpil takmer tridsaťkrát – to povedal. Obliekol si

menčestrové sako, rolák a čosi pripomínajúce mop ako parochňu. Vytvoril tak hrubú imitáciu mňa, akéhosi môjho dvojníka, ktorý vo večernom zábavnom programe stále dookola hovoril „miliardy a miliardy". Bolo mi to trochu nepríjemné, že po svete sa túla niekto, kto ma imituje a hovorí veci, o ktorých ma hneď nasledujúce ráno informovali priatelia a kolegovia. (Napriek maskovaniu Carson – seriózny astronóm amatér – v nejednom prípade ako môj imitátor hovoril o reálnej vede.)

Výraz „miliardy a miliardy" sa prekvapivo uchytil. Ľuďom sa páčilo, ako znie. Ešte aj dnes ma zastavujú na ulici, alebo v lietadle, či na večierku a trochu nesmelo ma žiadajú, či by som nemohol – iba pre nich – povedať „miliardy a miliardy".

„Viete, ja som to v skutočnosti nepovedal," hovorím im.

„To je v poriadku," odpovedajú, „aj tak to povedzte."

Dozvedel som sa, že ani Sherlock Holmes nikdy nepovedal „To je elementárne, môj milý Watson" (aspoň nie v knihách Arthura Conana Doyla); že Jimmy Cagney nikdy nepovedal „Ty špinavý potkan" a že Humphrey Bogart nikdy nepovedal „Zahraj to znovu, Sam." No celkom dobre to mohli povedať, keďže tieto apokryfy sa votreli do populárnej kultúry.

V počítačových časopisoch ma stále citujú, akoby som vyslovil túto naivnú frázu („Ako by povedal Carl Sagan, treba na to miliardy a miliardy bytov."). To isté platí o základných ekonomických učebniciach, diskusiách o platoch profesionálnych športovcov a podobne.

Chvíľkami by som z detinsky urazenej pýchy túto frázu nevyslovoval ani nenapísal, aj keď ma o to žiadali. No dokázal som sa cez to preniesť. Takže, nech sa páči, tu to je:

„Miliardy a miliardy."

Čo robí „miliardy a miliardy" takým populárnym výrazom? Výrazom pre veľké číslo zvykli byť „milióny". Obrovsky bohatí boli milionári. Populáciu Zeme v časoch Ježiša tvorilo azda 250 miliónov ľudí. V čase Ústavodarného zhromaždenia USA v roku 1787 mala krajina približne štyri milióny obyvateľov; na začiatku druhej svetovej vojny ich bolo už 132 miliónov. Zo Zeme k Slnku

je približne 150 miliónov kilometrov. Počas prvej svetovej vojny bolo zabitých, alebo inak zahynulo 40 miliónov ľudí; počas druhej svetovej vojny to bolo 60 miliónov. V jednom roku je 31,7 milióna sekúnd (čo sa dá ľahko overiť). Globálne jadrové arzenály na konci 80. rokov 20. storočia obsahovali ekvivalentnú výbušnú silu postačujúcu na zničenie jedného milióna Hiroším. Pre veľa účelov a po dlhý čas bol „milión" najdokonalejšie veľké číslo.

Doba sa však zmenila. Svet má v súčasnosti malú skupinu miliardárov – a to nielen kvôli inflácii. Vek Zeme je určený na 4,6 miliardy rokov. Ľudská populácia atakuje šesť miliárd (dnes už je to vyše osem miliárd – pozn. prekl.). Každé narodeniny predstavujú ďalšiu miliardu kilometrov prejdených okolo Slnka (Zem sa pohybuje okolo Slnka oveľa rýchlejšie než sa kozmická sonda *Voyager* vzďaľuje od Zeme). Štyri bombardéry B-2 stoja približne miliardu dolárov. (Niektorí hovoria, že dve či dokonca štyri miliardy.) Obranný rozpočet USA je po zarátaní skrytých nákladov vyše 300 miliárd dolárov ročne (pre fiškálny rok 2026 ráta s 892,6 miliardami dolárov – pozn. prekl.). Okamžité úmrtia v plne rozvinutej jadrovej vojne medzi Spojenými štátmi americkými a Ruskom sa odhadujú na približne jednu miliardu ľudí. Zopár centimetrov je miliarda atómov poskladaných vedľa seba. A ešte sú tu tie miliardy hviezd a galaxií.

Keď sa v roku 1980 prvý raz vysielal televízny seriál *Cosmos,* ľudia už boli pripravení na miliardy. „Iba" milióny klesli na pomyselnej škále, vyšli z módy a javili sa skúpe. Obidva výrazy pre tieto veľké čísla znejú v angličtine dosť podobne na to, aby ste pri ich rozlíšení museli vyvinúť úsilie. Práve preto som v seriáli *Cosmos* vyslovoval prvé písmeno slova „miliardy" (angl. billions, čiže „b") dosť dôrazne, čo niektorí ľudia brali ako môj špecifický akcent alebo rečovú chybu. Alternatíva, presadzovaná televíznymi komentátormi – povedať, že sú to „billions" s „b" – sa mi javila ťažkopádnejšia.

V jednom starom vtipne prednášajúci v planetáriu hovorí poslucháčom, že Slnko sa o päť miliárd rokov bude tak rozpínať, že sa z neho stane nafúknutý červený obor (typ hviezdy oveľa väčšej

a chladnejšej než Slnko – pozn. prekl.) a pohltí planéty Merkúr a Venušu, a napokon dokonca azda zhltne aj našu Zem. Nato sa naňho jeden úzkostlivejší poslucháč obrátil s neodbytnou otázkou:

„Prepáčte mi, pán doktor, povedali ste, že Slnko o päť miliárd rokov spáli Zem?"

„Áno, viac-menej."

„Vďakabohu. Chvíľu som si myslel, že ste povedali o päť miliónov."

Či už je to päť miliónov, alebo päť miliárd, len v minimálnej miere to ovplyvní naše osobné životy, nech už je konečný osud Zeme akokoľvek zaujímavý. No rozdiel medzi miliónmi a miliardami je oveľa dôležitejší pri takých problémoch, ako sú štátne rozpočty, svetová populácia a počet obetí jadrovej vojny.

Aj keď popularita „miliárd a miliárd" ešte úplne nezoslabla, tieto čísla sa v súčasnosti stávajú akosi malými, nedostatočnými a celkove pasé. Na obzore je teraz oveľa módnejšie číslo. Už si zvykáme na *bilión*.

Celosvetové vojenské výdavky v súčasnosti dosahujú takmer jeden bilión dolárov ročne (dnes sú to už azda viac než tri bilióny – pozn. prekl.). Celkové zadlženie všetkých rozvojových krajín v bankách Západu atakuje dva bilióny dolárov (nárast zo 60 miliárd dolárov v roku 1970). Ročný rozpočet vlády USA sa tiež blíži k dvom biliónom dolárov. Národný dlh USA je približne päť biliónov dolárov (obidve sumy sú dnes niekoľkonásobne vyššie – pozn. prekl.). Odhadované náklady navrhovanej a technicky pochybnej schémy Hviezdnych vojen Reaganovej éry boli medzi jedným až dvoma biliónmi dolárov. Hmotnosť všetkých rastlín na Zemi je približne bilión ton. Hviezdy a bilióny k sebe patria akosi prirodzene: Vzdialenosť z našej Slnečnej sústavy k najbližšej sústave hviezd Proxime Centauri (skladá sa z troch hviezd) je približne 40 biliónov kilometrov.

Zmätok medzi miliónmi, miliardami a biliónmi je stále typický jav nášho každodenného života. Vzácnou výnimkou je týždeň bez čo len jediného takéhoto domotaného výkladu v televíznych správach (všeobecne ide o zámenu miliónov s miliardami). Takže mi azda

prepáčite, ak venujem chvíľku príslušnému rozlíšeniu: milión je tisíc tisícov, alebo jednotka nasledovaná šiestimi nulami; miliarda je tisíc miliónov, alebo jednotka nasledovaná deviatimi nulami a bilión je tisíc miliárd (alebo ekvivalentne milión miliónov), čo je jednotka nasledovaná dvanástimi nulami.

Toto je americká konvencia (v origináli million-billion-trillion – pozn. prekl.). Britské slovo „billion" dlho zodpovedalo americkému „trillion," pričom Briti používali – dosť rozumne – pre billion význam „tisíc miliónov". Inde v Európe bola slovom pre billion „miliarda". Ako zberateľ poštových známok mám od detstva stále nepoužitú známku z vrcholu inflácie v Nemecku v roku 1923, na ktorej stojí „50 Milliarden." Na odoslanie listu bolo treba 50 biliónov mariek. (V tej dobe ľudia chodili k pekárovi alebo do obchodu s potravinami s fúrikom plným bankoviek.) V dôsledku súčasného celosvetového vplyvu Spojených štátov amerických sú však tieto alternatívne konvencie na ústupe a „miliarda" takmer vymizla (u nás však, samozrejme, stále používame sled milión-miliarda-bilión – pozn. prekl.).

Jednoznačným spôsobom určenia, o akom veľkom čísle sa práve hovorí, je jednoducho zrátať počet núl za jednotkou. No ak je tam veľa núl, môže to byť trochu prácne. Práve preto po každej skupine troch núl vkladáme čiarku alebo medzeru. Takže bilión je 1,000,000,000,000. (V Európe sa dávajú namiesto čiarok bodky alebo medzery.) Pre čísla väčšie ako bilión musíte zrátať, koľko je v nich trojíc núl. Oveľa ľahšie by bolo, keby sme pri spomenutí veľkého čísla proste mohli iba priamo povedať, koľko je v ňom núl za jednotkou.

Vedci a matematici sú praktickí ľudia, takže urobili presne to. Nazýva sa to exponenciálny zápis. Napíšete číslo 10 a číslo menším písmom vpravo hore ako index potom udáva, koľko núl je v ňom po jednotke. Takže 10^6 = 1,000,000; 10^9 = 1,000,000,000; 10^{12} = 1,000,000,000,000 a tak ďalej. Tieto malé indexy sa nazývajú exponenty alebo mocniny; napríklad 10^9 sa slovne opisuje ako „deviata mocnina 10", alebo ekvivalentne „10 na deviatu" (s výnimkami pre 10^2 a 10^3, pri ktorých sa používajú výrazy „štvorcový" a „kubický").

Táto fráza „na x-tú (mocninu)“ – podobne ako slovo „parameter“ a celý rad ďalších vedeckých a matematických termínov – sa vkráda do bežného jazyka, no s posunutým významom.

Exponenciálny zápis má popri jasnosti pozitívny vedľajší efekt: ľubovoľné dve čísla môžete vynásobiť jednoducho sčítaním príslušných exponentov. Napríklad $1,000 \times 1,000,000,000 = 10^3 \times 10^9 = 10^{12}$. Alebo si zoberme nejaké väčšie čísla: Ak typická galaxia obsahuje 10^{11} hviezd, potom je pri 10^{11} galaxií vo vesmíre 10^{22} hviezd.

Stále však existuje určitý odpor voči exponenciálnemu zápisu u ľudí, ktorí sú trochu nervózni z matematiky (hoci zjednodušuje, nekomplikuje naše chápanie), a od knižných grafikov, ktorí podľa všetkého majú vášnivú potrebu zalomiť 10^9 ako 109 (česť výnimkám).

Prvých šesť veľkých čísel, ktoré majú vlastný názov, zobrazuje sprievodný rámček. Každé z nich je 1000-krát väčšie než predchádzajúce. Nad biliónom sa príslušné názvy takmer nepoužívajú. Mohli by ste nahlas postupne rátať čísla, jedno každú sekundu celý deň a noc a zabralo by vám vyše týždňa, kým by ste sa dostali k miliónu. Miliarda by vám trvala polovicu života. A ku kvintiliónu by ste sa nedostali dokonca ani vtedy, keby ste na to mali celý vek vesmíru.

Len čo zvládnete exponenciálny zápis, môžete bez väčšieho úsilia narábať s nesmierne veľkými číslami, ako sú hrubý počet mikróbov v čajovej lyžičke pôdy (10^8), zrniek piesku na všetkých plážach Zeme (azda 10^{20}), živých organizmov na Zemi (10^{29}), atómov vo všetkom živote na Zemi (10^{41}), atómových jadier v Slnku (10^{57}), alebo všetkých elementárnych častíc (elektrónov, protónov, neutrónov) v celom vesmíre (10^{80}). To neznamená, že si v hlave dokážete *predstaviť* miliardu alebo kvintilión objektov – to nedokáže nik. S exponenciálnym zápisom však môžete o takýchto číslach *premýšľať* a robiť s nimi výpočty. Celkom dobré na samoučiace sa bytosti, ktoré začali bez akéhokoľvek vybavenia a svojich blízkych rátali pomocou prstov na rukách a nohách, nie?


1... 2... 3... 4...
231,254,321,974... 231,254,321,125...
311,567,075,686... 311,567,075,687...
..362,504,379,077... 362,504,379,078...
..374,377,317,420... 374,377,317,421...
...378,000,000,001... 378,000,000,002...

VEĽKÉ ČÍSLA

Názov (SK)	**Číslo** (vypísané)	**Číslo** (vedecký zápis)	Ako dlho by trvalo rátať k tomuto číslu od 0 (jedno číslo za sekundu, dňom i nocou)
Jeden	1	10^0	1 sekundu
Tisíc	1 000	10^3	17 minút
Milión	1 000 000	10^6	12 dní
Miliarda	1 000 000 000	10^9	32 rokov
Bilión	1 000 000 000 000	10^{12}	32-tisíc rokov (dlhšie, než koľko trvá civilizácia na Zemi)
Biliarda	1 000 000 000 000 000	10^{15}	32 miliónov rokov (dlhšie, než koľko na Zemi existujú ľudia)
Trilión	1 000 000 000 000 000 000	10^{18}	32 miliárd rokov (viac ako vek vesmíru)

Väčšie čísla sa nazývajú triliarda (10^{21}), kvadrilión (10^{24}), kvadriliarda (10^{27}), kvintilión (10^{30}) a kvintiliarda(10^{33}). Zem má hmotnosť šesť kvadriliónov kilogramov (kvadriliárd gramov).

Vedecký alebo exponenciálny zápis sa vyjadrujú aj slovne. Takže, elektrón má priemer jeden femtometer (10^{-15} m), žlté svetlo má vlnovú dĺžku pol mikrometra (0,5 μm), ľudské oko sotva rozpozná chrobáčika s priemerom tela jedna desatina milimetra (10^{-4} m), Zem má polomer 6 300 kilometrov (6 300 km = 6,3 Mm) a hora môže mať hmotnosť 100 petagramov (100 pg = 10^{17} g). Nasleduje úplný zoznam príslušných predpôn:

atto-	a	10^{-18}	deka-	–	10^1
femto-	f	10^{-15}	hekto-	–	10^2
piko-	p	10^{-12}	kilo-	k	10^3
nano-	n	10^{-9}	mega-	M	10^6
mikro-	μ	10^{-69}	giga-	G	10^9
mili-	m	10^{-3}	tera-	T	10^{12}
centi-	c	10^{-2}	peta-	P	10^{15}
deci-	d	10^{-1}	exa-	E	10^{18}

Naozaj veľké čísla predstavujú neoddeliteľnú súčasť modernej vedy. Nechcem však vytvoriť dojem, že boli vynájdené až v našej dobe.

Indická aritmetika dlho ako jedna z mála merala vo veľkých číslach. V dnešných indických novinách ľahko nájdete odkazy na pokuty alebo výdavky lakh alebo crore rupií. Kľúčom tu je: das = 10, san = 100, hazar = 1 000, lakh = 10^5, crore = 10^7, arahb = 10^9, carahb = 10^{11}, nie = 10^{13}, padham = 10^{15} a sankh = 10^{17}. Predtým než Európania zničili ich kultúru, Mayovia zo Strednej Ameriky (z územia dnešného Mexika) vynašli časovú škálu sveta, ktorá vysoko prevýšila úbohých niekoľko tisíc rokov, o ktorých si Európania mysleli, že uplynuli od stvorenia sveta. Medzi rozpadajúcimi sa pamiatkami Coby v mexickom štáte Quintana Roo sú nápisy, ktoré ukazujú, že Mayovia dokázali uvažovať o vesmíre starom približne 10^{29} rokov. Hinduisti zastávali názor, že súčasná inkarnácia vesmíru je stará $8{,}6 \times 10^9$ rokov – trafili sa takmer presne do stredu terča. A v treťom storočí pred n. l. sicílsky matematik Archimedes vo svojej knihe *O počítaní piesku* odhadol, že na vyplnenie vesmíru by bolo treba 10^{63} zrniek piesku. Dokonca už vtedy boli miliardy a miliardy v súvislosti s veľkými otázkami len, takpovediac, drobné.

Kapitola 2
PERZSKÁ ŠACHOVNICA

Nemôže existovať jazyk, ktorý by bol univerzálnejší a jednoduchší, čistejší od chýb a nejasností, o ktorom by sa dalo povedať, že sa viac hodí na vyjadrenie nemenných vzťahov prírodných vecí... [Matematika] sa javí ako schopnosť ľudskej mysle vyvažujúca krátkosť nášho života a nedokonalosť našich zmyslov.

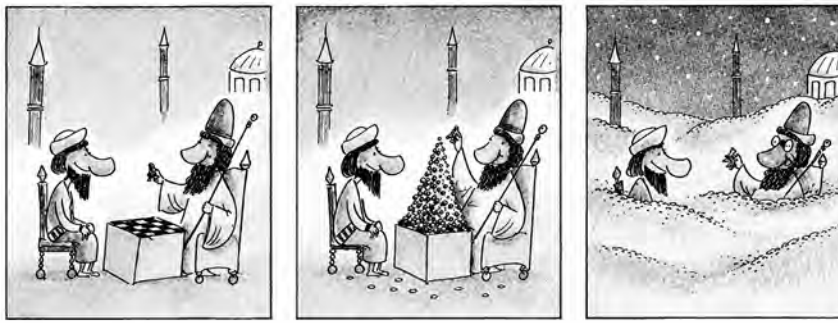
JOSEPH FOURIER
Analytická teória tepla,
predbežná diskusia (1822)

Keď som prvý raz počul tento príbeh, odohrával sa v dávnej Perzii. Mohlo to však byť aj v Indii alebo v Číne. Nech už to bolo kdekoľvek, bolo to veľmi dávno. Veľkovezír, hlavný poradca kráľa, vynašiel novú hru. Hrala sa s figúrkami pohybujúcimi sa po štvorcovej doske, skladajúcej sa zo 64 menších červených a čiernych štvorcov. Najdôležitejšou figúrkou bol kráľ. Druhou najdôležitejšou figúrkou bol veľkovezír – ako by sme mohli očakávať pri hre, ktorú vymyslel veľkovezír. Cieľom hry bolo zajať nepriateľského kráľa a hru tak aj nazvali, v perzštine *šachmat* – *šach* pre kráľa, *mat* pre mŕtvy. Smrť kráľovi. V ruštine sa stále nazýva *šachmaty,* čo azda sprostredkúva pretrvávajúci revolučný sentiment. Ozvena tohto názvu doznieva dokonca aj v angličtine – záverečný ťah sa volá „checkmate" (šach-mat). Predmetnou

hrou je samozrejme šach. Ako plynul čas, figúrky, ich ťahy a pravidlá hry sa vyvíjali; napríklad už neexistuje figúrka veľkovezíra – premenila sa na kráľovnú (dámu) s oveľa impozantnejšou silou na šachovnici.

Prečo by mal byť kráľ nadšený vynálezom hry nazývanej „Smrť kráľovi" zostáva záhadou. No ako pokračuje príbeh, hra ho tak potešila, že veľkovezíra požiadal, aby si sám určil odmenu za taký skvelý nápad. Veľkovezír mal odpoveď naporúdzi: Som skromný človek, povedal šachovi. Želal si iba skromnú odmenu. Ukázal na osem stĺpcov a osem radov štvorcov na hracej doske a požiadal, aby dostal jedno zrnko pšenice na prvom štvorci, dvakrát toľko na druhom, dvojnásobok *tohto* množstva na treťom a tak ďalej, až dokiaľ by na každom štvorci nebolo príslušné plné množstvo pšenice. Nie, protestoval kráľ, toto je príliš skromná odmena za taký dôležitý predmet. Ponúkol klenoty, tanečnice, paláce. Veľkovezír to ale všetko so sklopenými očami odmietol. Túžil po malých kôpkach pšenice. A tak kráľ, potajomky obdivujúc skromnosť a zdržanlivosť svojho radcu, napokon súhlasil.

Keď ale správca kráľovských sýpok začal odrátavať zrnká, kráľa zaskočilo nemilé prekvapenie. Počet zrniek začal nenápadne: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 ... no s postupným približovaním sa k 64. štvorcu počet zrniek ohromne, priam kolosálne narastal. Príslušný konečný počet (pozri rámček na strane 33 – 34) je totiž takmer 18,5 kvintiliónu. Veľkovezír mal azda diétu založenú na vysokom obsahu vlákniny.



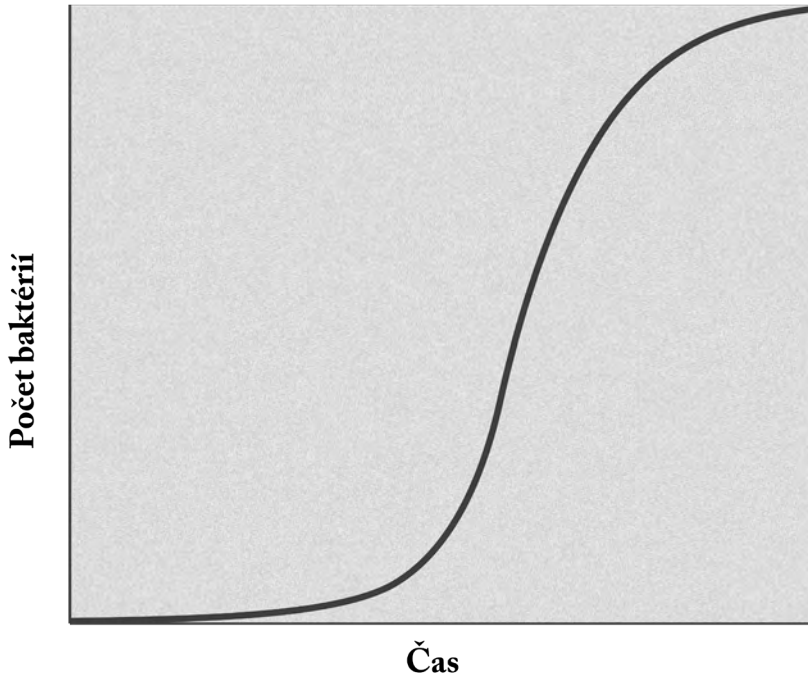
Akú hmotnosť má 18,5 kvintiliónu zrniek pšenice? Ak je každé zrnko veľké približne jeden milimeter, potom by všetky zrnká dokopy mali hmotnosť približne 75 miliárd ton, čo by zďaleka presahovalo možné zásoby v kráľových sýpkach. V skutočnosti sa to rovná približne 150 rokom *súčasnej* svetovej produkcie pšenice. Čo bolo ďalej, sa k nám nedostalo. História nám nedopriala výsadu dozvedieť sa, či kráľ automaticky, dávajúc si za vinu nepozornosť pri vlastnom štúdiu matematiky, odovzdal rífu vezírovi, alebo či vezír zažil trápenia novej hry nazvanej *vezírmat*.

Príbeh o perzskej šachovnici môže byť len rozprávka. Avšak dávni Peržania a Indovia boli brilantní hľadači nových ciest v matematike a chápali, k akým ohromným číslam sa možno dostať trvalým zdvojnásobovaním. Ak by bol šach vynájdený so 100 (10 × 10) štvorcami na hracej doske miesto 64 (8 × 8), výsledný dlh v zrnkách pšenice by mal hmotnosť Zeme. Sled čísel, v ktorom je každé číslo pevne zadaným násobkom predošlého, sa nazýva geometrický rad a samotný proces sa nazýva exponenciálny rast.

Exponenciály vystupujú v rozličných dôležitých sférach nášho života, viac i menej známych – napríklad v zloženom úroku. Povedzme, že váš dávny predok pred 200 rokmi, čiže krátko po americkej revolúcii, pre vás vložil do banky 10 dolárov, čo vynášalo stály každoročný úrok 5 percent. Dnes by to predstavovalo 10 dolárov × $(1,05)^{200}$, čiže 172 925,81 dolára. Len málo investorov sa však natoľko stará o majetok svojich vzdialených potomkov, pričom 10 dolárov predstavovalo na tie časy veľký peniaz. [$(1,05)^{200}$ jednoducho znamená 200-krát vynásobiť číslo 1,05 ním samým.] Ak by tento investor dokázal získať úrok 6 percent, teraz by ste mali viac než jeden milión dolárov, pri 7 percentách vyše 7,5 milióna dolárov a pri vydieračských 10 percentách naozaj slušných 1,9 miliardy dolárov.

Podobne je to s infláciou. Ak jej tempo dosahuje 5 percent ročne, dolár je po jednom roku hoden už len 0,95 svojej pôvodnej hodnoty, čiže 95 centov. $(0,95)^2$ = 0,91 jeho hodnoty po dvoch rokoch, 0,61 po desiatich rokoch, 0,37 po dvadsiatich a tak ďalej. Toto je veľmi praktická záležitosť pre dôchodcov, ktorým penzie prinášajú pevne definovaný výnos dolárov ročne, bez úpravy s ohľadom na infláciu.

Najbežnejšia situácia, kedy dochádza k opakovaným zdvojovaniam, a teda exponenciálnemu rastu, nastáva v rámci biologickej reprodukcie. Zamyslime sa najprv nad jednoduchým prípadom baktérie rozmnožujúcej sa delením na dve. Po chvíľke sa rozdelí aj každá z dvoch dcérskych buniek. Dokiaľ má bakteriálna kolónia dostatok potravy a v prostredí sa nevyskytujú jedy, porastie exponenciálne. Vo veľmi priaznivých podmienkach sa môže zdvojnásobiť približne každých 15 minút. To znamená štyri zdvojnásobenia za hodinu a 96 zdvojnásobení za deň. Aj keď hmotnosť baktérie je len približne jedna bilióntina gramu, jej potomkovia by po jednom dni divej asexuálnej neviazanosti kolektívne vážili toľko ako horský vrchol, po čosi vyše poldruha dni toľko čo Zem, o ďalšie dva dni viac než Slnko... A netrvalo by dlho a všetko vo vesmíre by sa skladalo z baktérií. Toto nie je veľmi radostný výhľad a našťastie sa



to nikdy nestane. Prečo nie? Lebo exponenciálny rast tohto druhu vždy narazí na nejakú prekážku. Mikróbom dôjde potrava, alebo sa vzájomne otrávia, alebo sa ostýchajú reprodukovať, keď im chýba súkromie. Exponenciály nemôžu pokračovať donekonečna, pretože by všetko pohltili. Dávno predtým nevyhnutne narazia na nejakú prekážku. Exponenciálna krivka sa vyrovná. (Pozri ilustráciu.)

Konkrétne pri epidémii AIDS ide o veľmi dôležitý rozdiel. Práve teraz totiž v mnohých krajinách exponenciálne rastie počet ľudí s príznakmi AIDS. Zdvojnásobuje sa po približne jednom roku. (Informácia sa týka 90. rokov 20. storočia, v globálnom meradle už dnes HIV nerastie exponenciálne. Práve naopak, počet nových infekcií dlhodobo klesá. V roku 2025 bolo zaznamenaných približne 1,2 milióna nových infekcií, čo predstavuje pokles asi o 65 % oproti vrcholu epidémie. Úmrtia na ochorenia súvisiace s AIDS klesli od svojho maxima v roku 2004 približne o tri štvrtiny. – pozn. prekl.) To znamená, že každý nasledujúci rok sa vyskytne dvojnásobok počtu prípadov AIDS, než ich bolo v predošlom. Choroba AIDS si už medzi nami vybrala obrovskú daň. Ak by sa ďalej šírila exponenciálne, bola by to bezprecedentná katastrofa. O 10 rokov by bolo tisíckrát viac prípadov AIDS a o 20 rokov miliónkrát viac. No miliónnásobok počtu ľudí, ktorí sa už nakazili AIDS, výrazne prevyšuje počet ľudí na Zemi. Ak by neexistovali prirodzené prekážky každoročného zdvojnásobenia počtu prípadov AIDS a táto choroba by bola bez výnimky smrteľná (a nenašla sa nijaká účinná liečba), potom by všetci ľudia na Zemi zomreli na AIDS, a to čoskoro.

Niektorí ľudia sú však zjavne prirodzene imúnni voči AIDS. Aj podľa Strediska pre výskum prenosných chorôb verejného zdravotníctva USA (Communicable Disease Center) sa zdvojnásobovanie počtu prípadov AIDS v Amerike sprvoti takmer výlučne obmedzovalo na zraniteľné skupiny, prevažne sexuálne aktívnych mimo ostatnej populácie – zvlášť mužských homosexuálov, hemofilikov a drogovo závislých, aplikujúcich si drogy intravenózne. Ak by sa nenašla nijaká liečba AIDS, väčšina intravenóznych užívateľov drog zdieľajúcich injekcie zomrie – nie všetci, lebo existuje malé

percento prirodzene odolných ľudí, ale takmer všetci. To isté platí pre homosexuálnych mužov, ktorí majú mnohých partnerov a praktizujú nechránený sex – ale nie pre tých, ktorí používajú kondómy, ľudí v dlhodobých monogamných vzťahoch a znovu, nie pre malý zlomok tých, ktorí sú prirodzene imúnni. Striktne heterosexuálne páry v dlhodobých monogamných vzťahoch siahajúcich k začiatku 80. rokov 20. storočia, všetci, ktorí sú opatrní a majú bezpečný sex a tí, ktorí nezdieľajú injekčné ihly, sú v zásade izolovaní od AIDS. Keď sa vyrovnajú krivky pre najrizikovejšie demografické skupiny, na ich miesto nastúpia ďalšie skupiny – v súčasnej Amerike sa zdá, že to budú mladí heterosexuáli oboch pohlaví, u ktorých možno vášeň preváži nad opatrnosťou a budú využívať nebezpečné sexuálne praktiky. Mnohí zomrú, niektorí budú mať to šťastie, že majú prirodzenú imunitu, alebo budú sexuálne zdržanliví a nahradí ich ďalšia najrizikovejšia skupina – možno budúca generácia homosexuálnych mužov. Exponenciálna krivka pre nás všetkých dokopy sa napokon podľa očakávania vyrovná, pričom predtým zabije omnoho menej ľudí, než koľko ich je na Zemi. (Viem, je to slabá útecha pre mnohé obete AIDS a ich blízkych.)

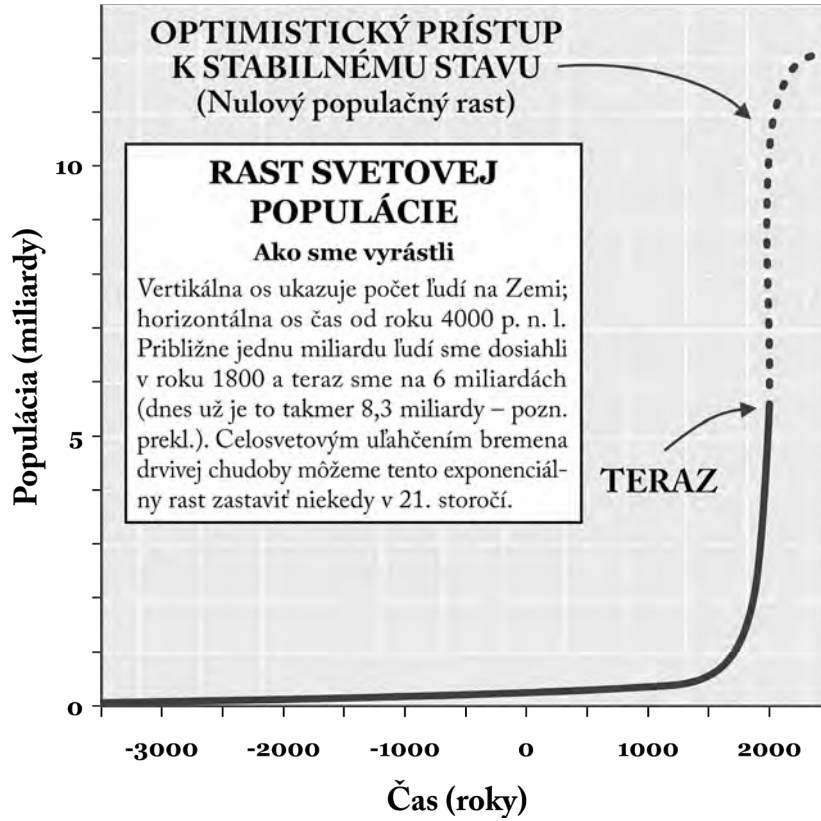
Exponenciály sú taktiež ústrednou koncepciou na pozadí svetovej populačnej krízy. Väčšinu času, po ktorý ľudia existujú na Zemi, bola populácia stabilná, s narodeniami a úmrtiami v takmer dokonalej rovnováhe. Toto sa označuje ako „stacionárny stav". Keď sa vyvinulo poľnohospodárstvo – vrátane sejby a žatvy tých zrniek pšenice, po ktorých tak túžil veľkovezír – začala ľudská populácia na tejto planéte rásť a vstúpila do exponenciálnej fázy, čo je veľmi vzdialené od stacionárneho stavu. Práve teraz (kniha vyšla v roku 1997 – pozn. prekl.) je doba zdvojnásobenia svetovej populácie približne 40 rokov. Po každých 40 rokoch nás bude dvakrát viac. Nuž a ako v roku 1798 poukázal anglický duchovný Thomas Malthus, exponenciálne rastúca populácia – Malthus to opísal ako geometrický rad – prekoná akýkoľvek mysliteľný nárast produkcie a dodávky potravín.

Žiadna „zelená revolúcia“, žiadna hydropónia, žiadne zazelenanie púšte nemôže poraziť exponenciálny rast populácie.

Tento problém nemá ani mimozemské riešenie. Aktuálne sa každý deň rodí o približne 240 000 ľudí viac, než ich denne zomiera. (Čistý prírastok svetovej populácie dnes predstavuje asi 70 – 73 miliónov ľudí ročne, teda približne 190 000 – 200 000 denne – pozn. prekl.) Máme veľmi ďaleko k tomu, aby sme dokázali každý deň vyslať 240 000 ľudí do kozmického priestoru. Populačnú explóziu by významnejšie nezmiernili nijaké osídlenia na obežnej dráhe okolo Zeme alebo na Mesiaci či iných planétach. A takmer nič by sa nezmenilo dokonca ani vtedy, ak by sme dokázali vyslať každého nového človeka na Zemi k planétam vzdialených hviezd v lodiach rýchlejších než svetlo – všetky obývateľné planéty v galaxii Mliečna cesta by sa zaplnili už za približne jedno tisícročie, ak teda nespomalíme naše tempo reprodukcie. Nikdy nepodceňujte exponenciál.

Nasledujúci obrázok ukazuje nárast populácie Zeme v priebehu času. Zreteľne sa nachádzame vo fáze strmého exponenciálneho rastu (alebo z nej práve ideme vystúpiť). Mnohé krajiny – napríklad Spojené štáty, Rusko a Čína – sa však už dostali, alebo sa čoskoro dostanú do situácie, keď ich populácia prestane rásť a dosiahnu čosi blízke stacionárnemu stavu. To sa tiež označuje ako nulový populačný rast (NPR). Jednako, exponenciály majú takú moc, že aj keby sa ďalej exponenciálne rozmnožoval len malý zlomok ľudského spoločenstva, situáciu to v zásade nezmení – svetová populácia porastie exponenciálne, dokonca aj keď sa mnohé krajiny nachádzajú v štádiu NPR.

Súvzťažnosť medzi chudobou a vysokou pôrodnosťou je globálne veľmi dobre odborne doložená. V malých i veľkých krajinách, kapitalistických i komunistických, katolíckych i moslimských, krajinách Západu i Východu – v takmer všetkých prípadoch sa exponenciálny rast populácie spomaľuje či zastavuje s vymiznutím drvivej chudoby. Nazýva sa to demografický prechod. Je v naliehavom dlhodobom záujme ľudského druhu, aby všade na Zemi došlo k tomuto demografickému prechodu. Preto pomáhať iným krajinám k sebestačnosti nie je iba základná ľudská zdvorilosť, je to tiež v záujme bohatších



krajín schopných pomôcť. Jedným z ústredných problémov svetovej populačnej krízy je chudoba.

Zaujímavé sú výnimky z demografického prechodu. Niektoré krajiny s vysokými príjmami na hlavu si totiž stále zachovávajú vysokú pôrodnosť. Buď je v nich obmedzený prístup k antikoncepčným prostriedkom, a/alebo ženám chýba účinná politická moc. Spomenutú súvislosť potom nie je ťažké pochopiť.

V súčasnosti žije na Zemi približne 6 miliárd ľudí (8,3 mld. v roku 2026). O 40 rokov, ak sa nezmení doba zdvojnásobenia, to bude 12 miliárd ľudí, o 80 rokov 24 miliárd, o 120 rokov 48 miliárd... Iba málokto verí, že Zem dokáže uživiť toľkých ľudí. Vzhľadom na