Marcus du Sautoy

CO NEMŮŽEME POZNAT

Výprava na hranice vědění

argo / dokořán

Marcus du Sautoy

CO NEMŮŽEME POZNAT

Výprava na hranice vědění

ARGO / DOKOŘÁN

Marcus du Sautoy

CO NEMŮŽEME POZNAT

Výprava na hranice vědění

Copyright © Marcus du Sautoy 2016
Translation © Petr Holčák, 2019

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace
nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem
bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).
Z anglického originálu *What We Cannot Know. Explorations at the Edge of Knowledge* přeložil Petr Holčák.
Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.
Redakce Marie Černá.
Obálka a sazba Michal Puhač podle návrhu Pavla Růta.
Vydalo v roce 2020 nakladatelství Dokořán, s. r. o.,
Holečkova 9, Praha 5, dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,
jako svou 1035. publikaci (316. elektronická).

ISBN 978-80-7363-975-4

Mým rodičům, kteří mě vypravili na cestu
k hranicím poznání

OBSAH

NULTÁ HRANICE	**ZNÁMÁ NEZNÁMA**	9
PRVNÍ HRANICE	**HRACÍ KOSTKA Z KASINA**	21
DRUHÁ HRANICE	**VIOLONCELLO**	65
TŘETÍ HRANICE	**NÁDOBKA S URANEM**	107
ČTVRTÁ HRANICE	**VYSTŘIŽENÝ VESMÍR**	151
PÁTÁ HRANICE	**NÁRAMKOVÉ HODINKY**	197
ŠESTÁ HRANICE	**CHATBOTOVÁ APLIKACE**	243
SEDMÁ HRANICE	**VÁNOČNÍ DÁREČEK**	291
	Poděkování	340
	Ilustrace	341
	Další literatura	342
	Rejstřík	347

NULTÁ HRANICE

ZNÁMÁ NEZNÁMA

Všichni lidé od přirozenosti touží po vědění.
Aristoteles: *Metafyzika*

Věda panuje světu.

Titulky zpráv nás každý týden informují o nových průlomech v poznávání vesmíru, o nových technologiích, které změní svět, v němž žijeme, nebo o nových lékařských objevech, které nám prodlouží život. Díky vědě jsme schopni mnohem lépe než kdykoli dříve proniknout do některých z velkých otázek, které lidstvo vybízely k nalezení odpovědí od chvíle, kdy takové otázky začalo být schopno formulovat. Odkud jsme se vzali? Jaký je konečný osud vesmíru? Jaké jsou základní stavební kameny fyzického světa? Jak se ze souboru buněk stává vědomá bytost?

Jen za posledních deset let jsme dopravili kosmický modul na kometu, vyvinuli roboty schopné vytvořit si vlastní jazyk, využili kmenové buňky k náhradě slinivky a léčbě cukrovky, objevili, jak pomocí pouhé myšlenky ovládat robotická ramena, nebo sekvenovali DNA pravěké dívky, která žila před 50 000 lety. Vědecké časopisy přetékají informacemi o nejnovějších objevech, které se valí ze světových laboratoří. Víme toho opravdu mnoho. Pokroky vědy jsou neuvěřitelně opojné.

Věda je naší nejlepší zbraní v boji proti osudu. Nemusíme kapitulovat před pustošivými epidemiemi a přírodními pohromami, protože věda vyvinula vakcíny proti smrtícím virům, které způsobují dětskou obrnu nebo ebolu. S rostoucí světovou populací se můžeme vyrovnat v důsledku vědeckých objevů, díky nimž budeme schopni nasytit 9,6 miliardy lidí, kolik jich má podle předpovědí obývat Zemi do roku 2050. Věda nás také upozorňuje na zhoubné dopady, které my sami máme na své prostředí, a dává nám šanci udělat s tím něco dřív, než bude příliš pozdě. Dinosaury možná zahubil asteroid, lidé si však díky vědě vyvinuli nejlepší štít proti podobnému úderu z vesmíru. Věda je nejlepším spojencem lidského druhu v jeho neustálém zápase se smrtí.

Věda je nedostižná nejen jako nástroj pro naše přežití, ale i ve zlepšování kvality našeho života. Můžeme komunikovat s přáteli a rodinou na ohromné vzdálenosti. Máme jedinečný přístup k databázi znalostí, které svými výzkumy nahromadily předešlé generace. Stvořili jsme virtuální světy, do nichž můžeme

unikat ve volném čase. Zmáčknutím tlačítka si můžeme doma znovu poslechnout velká díla, která kdysi vytvořil Mozart, Miles Davis či Metallica.

Do lidské duše je naprogramována touha po poznání. Z raných lidí přežili, adaptovali se a své prostředí přeměnili ti, kteří dychtili po znalostech. Ti, kteří takovou touhu neměli, za nimi zaostali. Evoluce upřednostnila ty, kteří chtěli poznat, jak svět a vesmír funguje. Návalem adrenalinu, který objevy nových poznatků doprovází, nám příroda sděluje, že chuť poznávat je stejně důležitá jako nutkání rozmnožovat se. Jak napsal Aristoteles v úvodní větě své *Metafyziky*, rozumět tomu, jak svět funguje, je základní lidská potřeba.

Věda si mě svýma napřaženýma rukama přitáhla velmi rychle už jako školáka. Tehdy jsem propadl její mimořádné schopnosti podávat nám obrovské množství poznatků o světě. Úžasné příběhy, které vyprávěli učitelé přírodovědných předmětů, mi připadaly ještě podivuhodnější než dobrodružné knížky, které jsem si četl doma. Očarován kouzlem vědy jsem nasával každý vědecký poznatek, na který jsem narazil.

Přemluvil jsem rodiče, aby mi koupili předplatné časopisu *New Scientist*. V místní knihovně jsem hltal nová čísla *Scientific American*. Každý týden jsem si zabíral televizi ke sledování svých oblíbených vědeckých pořadů *Horizont* a *Svět zítřka*. Uchvacoval mě *Vzestup člověka* od Jacoba Bronowského, *Kosmos* Carla Sagana a seriál *Body in Question*, v němž Jonathan Miller vysvětloval všechny aspekty lidského těla. Vánoční přednášky Královského institutu mi každé Vánoce dodávaly slušnou porci vědy a já ji konzumoval zároveň s krocanem na svém talíři. Punčochu s dárky jsem měl vždy napěchovanou knihami od Gamowa a Feynmana. Byla to opojná doba, kdy se nové vědecké průlomy objevovaly každý týden.

Vedle četby o objevování toho, co už známe, mě stále více začaly zajímat příběhy, které ještě nevyprávěl nikdo. To, co jsme věděli, už byla minulost, avšak to, co jsme ještě neznali, byla budoucnost, moje budoucnost. Pohroužil jsem se do knih hlavolamů matematika Martina Gardnera, které mi nosil můj učitel matematiky. Vzrušení z utkávání se s hádankami a náhlé výtrysky euforie, když jsem vyřešil další z nich, vyvolaly mou závislost na droze objevování. Gardnerovy hlavolamy mi byly cvičištěm pro větší výzvy – pro otázky, na něž odpovědi nenajdeme na konci knihy. Tyto nezodpovězené otázky, matematické záhady a vědecké rébusy, které nikdo nerozlouskl, se staly palivem mé vědecké dráhy.

CO ZNÁME

Když se ohlédnu zpět do 70. let, kdy jsem chodil do školy, a porovnám to, co jsme věděli tehdy, s tím, co známe teď, je skoro neuvěřitelné, co všechno jsme se za půl století mého života o světě a vesmíru dozvěděli. Technologie rozšířily

naše smysly natolik, že vidíme věci, jež si vědci, jejichž objevy mě vzrušovaly jako kluka, nedovedli ani představit.

Noční oblohu pročesávají nové typy teleskopů, které objevily planety podobné Zemi, na nichž by se mohl vyskytovat inteligentní život. Odhalily také jednu ohromující skutečnost – že se náš vesmír rozpíná stále větším tempem. Vzpomínám si, že když jsem byl malý, směřoval vesmír podle vědců ke smršťování a „velkému křachu", nyní se ale jeho budoucnost jeví úplně jinak.

Urychlovače částic v čele s Velkým hadronovým urychlovačem (LHC), který ve Švýcarsku provozuje Evropská organizace pro jaderný výzkum (CERN), nám umožnily proniknout do vnitřního chodu hmoty a odhalit nové částice, jako například svrchní kvark t, objevený v roce 1994, a Higgsův boson, zjištěný v roce 2012. Když jsem o nich jako školák četl v *New Scientist*, byly to jen matematické spekulace.

A od počátku 90. let nám funkční magnetická rezonance (fMRI) umožňuje nahlížet do mozku a objevovat tam věci, které se v 70. letech ani nepovažovaly za předmět vědeckého zkoumání. Mozek byl hájemstvím filozofů a teologů, dnes však technologie dokážou zjistit, co si myslíme o Jennifer Anistonové, nebo předpovědět naše jednání ještě předtím, než se k němu sami rozhodneme.

Úplný ohňostroj průlomů zažila biologie. V roce 2003 přišla zpráva, že vědci zmapovali celou sekvenci lidské DNA, která sestává ze tří miliard písmen genetického kódu. V roce 2011 byla publikována úplná mapa nervové sítě háďátka obecného, která ukázala, jak je propojeno všech 302 neuronů tohoto červa.

Na dosud nepoznaná území si razí cestu také chemie. V roce 1985 byla objevena zcela nová forma uhlíku, jejíž atomy a vazby jsou uspořádány jako fotbalový míč. Chemici nás znovu překvapili v roce 2003, kdy objevili grafen a ukázali, že uhlík se může zformovat do tvaru rovinné mřížky v podobě včelí plástve tvořené jedinou vrstvou atomů.

A matematika, obor, jemuž jsem se já sám nakonec věnoval, dokázala během mého života vyřešit dvě ze svých největších hádanek: velkou Fermatovu větu a Poincarého domněnku, dvě výzvy, které vzdorovaly generacím matematiků. Nové matematické nástroje a pohledy otevřely dosud skryté stezky, po nichž se nyní můžeme pohybovat matematickým vesmírem.

Už jenom všechny nové objevy sledovat je docela těžké; ještě větší výzvou je pak přispět k nim něčím svým.

PROFESOR VŠEHO

Před několika lety mě vedle hodnosti profesora matematiky na Oxfordské univerzitě poctili novým titulem. Často se tomu musím smát: jsem držitelem „Simonyiho profesury pro obeznamování veřejnosti s vědou", financované bohatým

maďarsko-americkým počítačovým programátorem a podnikatelem Charlesem Simonyim. Lidé jsou, jak se zdá, přesvědčeni, že s takovým titulem bych měl vědět všechno. Volají mi a kladou mi dotazy v domnění, že znám odpověď na každou vědeckou otázku. Například krátce poté, co jsem svůj nový titul získal, byla vyhlášena Nobelova cena za medicínu – a záhy mi zavolal jeden novinář a doufal, že mu vysvětlím, v čem spočívá oceněný průlom, který se týkal telomer a objevu telomerázy.

Biologie nikdy nebyla mou silnou stránkou, teď jsem ale seděl před monitorem svého počítače a se zahanbením přiznávám, že jsem si vyhledal stránku Wikipedie o telomerách; po zběžném prolétnutí jejího obsahu jsem novináři autoritativně objasnil, že jde o malé dílky genetického kódu na konci každého chromozomu, které ovlivňují například stárnutí. Technologie, které ovládáme konečky prstů, nám daly pocit, že můžeme vědět všechno. Stačí jen zadat otázku do vyhledávače a přístroj sám, ještě než dokončím psaní, předpoví, co chci vědět, načež vychrlí seznam míst, kde najdu odpověď.

Rozumět vědě je ale něco jiného než znát seznam faktů. Je vůbec možné, aby jeden člověk obsáhl celou vědu? Aby věděl, jak řešit nelineární parciální diferenciální rovnice, jak speciální unitární grupa SU(3) ovládá spojení mezi elementárními částicemi nebo jak z kosmologické inflace vzniká vesmír, který známe? Aby uměl řešit Einsteinovy rovnice obecné teorie relativity nebo Schrödingerovu rovnici vlnové funkce? Věděl, jak neurony a synapse spouštějí myšlenku? Možná posledními vědci, kteří znali všechno, co bylo v jejich době známo, byli Newton, Leibniz a Galileo.

Musím přiznat, že arogance mládí mě naplnila vírou, že dokážu porozumět čemukoli, co tehdy věda znala. Pokud si už někde něčí mozek proklestil cestu k novému vědění, pak musí to, k čemu došel, fungovat i v mém mozku. Budu-li mít dost času, myslel jsem si, mohl bych rozlousknout nevyřešené záhady matematiky a vesmíru, nebo si alespoň osvojit současnou sumu znalostí. Postupně se mě však začaly zmocňovat stále větší pochybnosti a nyní mám čím dál větší obavy, že některé věci zůstanou už navždy mimo můj dosah. Můj mozek se často jen ztěžka orientuje už jen v tom, co dnes víme. Na to, abych věděl všechno, mi nestačí čas.

Mám pocit, že už i můj vlastní matematický výzkum naráží na meze toho, co je můj mozek schopen pochopit. Pracuji přes deset let na jedné domněnce, která tvrdošíjně vzdoruje všem snahám o vyřešení. Moje nová role profesora pro obeznamování veřejnosti s vědou mě navíc vytlačila z komfortní zóny matematiky k neujasněným pojmům neurovědy, těžko uchopitelným myšlenkám filozofie a empiricky nepodloženým teoriím fyziky. To vše vyžaduje takové způsoby myšlení, které jsou cizí mému matematickému uvažování, pro něž je charakteristická jistota, důkazy a přesnost. Moje pokusy pochopit všechno to, co

se nyní považuje za vědecké poznání, podrobily tvrdé zkoušce meze mé schopnosti chápat.

Proces získávání znalostí nevyhnutelně spočívá v tom, že stojíme na ramenou obrů, jak prohlásil Newton o svých vlastních objevech. I moje výprava na hranice poznání proto sestávala z četby o tom, jak současný stav poznání formulovali jiní, z účastí na přednáškách a seminářích vědců ponořených do oborů, jimž jsem se snažil porozumět, rozhovorů s těmi, kdo posunují hranice, vyptávání na sporné teorie, zkoumání zveřejněných podkladů a dat na podporu té či oné teorie, a čas od času i z vyhledávání ve Wikipedii. Učíme sice studenty, aby byli skeptičtí vůči jakékoli informaci, kterou přinese vyhledávání na internetu, výzkumy ale ukazují, že to, co se na Wikipedii píše o méně kontroverzních oblastech vědy (kupříkladu o teorii relativity), je srovnatelné s odbornou literaturou. Vybereme-li si však spornější otázku, třeba změnu klimatu, pak může být obsah hesla často závislý na tom, který den si ho otevřeme.

To vyvolává otázku, jak dalece můžeme čemukoli z těchto výkladů věřit. To, že vědecká komunita akceptuje určitou teorii jako nejlepší současnou možnost, ještě neznamená, že je tato teorie pravdivá. Historie znovu a znovu ukazuje, že často je pravdou opak, a to nás musí vždy varovat, že současné vědecké poznání je pouze prozatímní. Trochu jinak je to s matematikou, což bude téma pro poslední dvě kapitoly. Matematický důkaz dává možnost nastolit trvalejší stav vědění. Sluší se však poznamenat, že i když já sám tvořím novou matematiku, budu zde často citovat výsledky práce svých kolegů, jejichž důkazy jsem si sám neověřil. I kdybych to chtěl udělat, stejně bych to nestihl, a k vlastní práci bych se vůbec nedostal.

Pro každého vědce je velkou výzvou nezůstat ve své známé a bezpečné zahrádce, ale odvážně se pouštět do divočiny neznáma. A to je i cílem naší knihy.

CO NEZNÁME

Přes vědecké průlomy posledních staletí čeká na své řešení stále ještě mnoho hlubokých záhad. Věcí, které neznáme. Vypadá to dokonce tak, že se rozsah toho, co nevíme, zvětšuje rychleji než seznam nových znalostí. Známá neznáma co do množství překonávají známá známa. A právě tato neznáma jsou tím, co žene vědu kupředu. Vědci se spíše zajímají o věci, jimž nerozumějí, než o opakování příběhů, které už umíme vyprávět. Díky všem těm otázkám, na něž neznáme odpovědi, zůstává věda živým a pulzujícím organismem.

Tak třeba látka, z níž se skládá náš fyzický vesmír, zřejmě představuje pouhých 4,9 % jeho celkového materiálu. Co tedy tvoří oněch 95,1 %, jimž říkáme temná hmota a temná energie? A jestliže se rozpínání našeho vesmíru zrychluje, odkud pochází energie, která tuto akceleraci pohání?

Je náš vesmír nekonečný? Existuje vedle našeho vesmíru nekonečně mnoho jiných nekonečných vesmírů? A pokud ano, platí tam stejné fyzikální zákony? Existovaly jiné vesmíry předtím, než ve velkém třesku vznikl náš? Existoval před velkým třeskem čas? A existuje vůbec čas jako takový, nebo je jen důsledkem vztahů mezi fundamentálnějšími silami?

Proč má vrstva elementárních částic další dvě generace, které jsou téměř identickými kopiemi, jen má každá částice z vyšší generace větší hmotnost? Existují další částice, které jsme ještě neobjevili? Jsou elementární částice ve skutečnosti tenké struny vibrující v 11rozměrném prostoru?

Jak by se dala sjednotit Einsteinova obecná relativita, fyzika velmi velkých měřítek, s kvantovou fyzikou, která je fyzikou velmi malého? O to jde v pátrání po takzvané kvantové gravitaci, které je naprosto nezbytné, máme-li kdy porozumět velkému třesku, kdy byl vesmír stlačený do kvantového rozměru. (Právě tento problém vede ke snaze vytvořit teorii kvantové gravitace.)

A jak dobře rozumíme lidskému tělu, něčemu tak složitému, že vedle něj kvantová fyzika vypadá jako středoškolské cvičení? Stále se snažíme pochopit složité interakce mezi genovou expresí a naším prostředím. Dokážeme najít lék na rakovinu? Je možné porazit stárnutí? Je možné, že již dnes žije člověk, který se dožije 1 000 let?

A co otázka, odkud se vzali lidé? Jestliže je evoluce proces náhodných mutací, vzešly by organismy vybavené očima i z jiného vrhu evolučních kostek? Vznikl by inteligentní život znovu, kdybychom přetočili evoluci dozadu a stiskli tlačítko přehrávání, nebo jsme jen výsledkem šťastné náhody? Existuje inteligentní život i někde jinde v našem vesmíru? A jak je to s technologiemi, které vyvíjíme? Může počítač někdy nabýt vědomí? Budu si někdy v budoucnu moci zkopírovat své vědomí do počítače, a přežít tím smrt svého těla?

Ani v matematice není všechno zdaleka hotovo. Navzdory všeobecné představě není velká Fermatova věta, které se také říká „Fermatova poslední věta“, v žádném případě poslední větou matematiky. Matematického neznáma je více než hodně. Má výskyt prvočísel nějaké skryté zákony, nebo je náhodný? Budeme schopni vyřešit matematické rovnice proudění? Dozvíme se někdy, jak snadným způsobem faktorizovat velká čísla?

I přes tolik neznámého vědci optimisticky doufají, že tyto otázky budou někdy zodpovězeny. Vývoj posledních pár desetiletí nám dává důvod domnívat se, že žijeme ve zlatém věku vědy. Tempo vědeckého objevování se podle všeho exponenciálně zrychluje. Přední vědecký časopis *Nature* v roce 2014 informoval, že se počet publikovaných vědeckých studií od konce druhé světové války každých devět let zdvojnásoboval. Také počítače se zlepšují exponenciálním tempem. Takzvaný Mooreův zákon konstatuje, že výpočetní výkon počítačových čipů se zdvojnásobuje každé zhruba dva roky. Technologický

vynálezce a vizionář Ray Kurzweil je přesvědčen, že totéž platí o technologickém pokroku v blízké budoucnosti: množství technologických změn během příštích 100 let bude srovnatelné s tím, jak technologie pokročily za minulých 20 000 let.

Budou ale vědecké objevy schopny tento exponenciální růst udržet? Kurzweil mluví o „singularitě", okamžiku, kdy inteligence našich technologií překoná inteligenci člověka. Je vědecký pokrok předurčen k dosažení své vlastní singularity? Stavu, kdy budeme vědět všechno? V určité chvíli bychom nepochybně mohli objevit základní rovnice, které vysvětlí fungování vesmíru. Odhalíme definitivní seznam částic, které tvoří stavební kameny fyzického vesmíru, a jejich vzájemné interakce. Někteří vědci věří, že dnešní tempo vědeckého pokroku povede k okamžiku, kdy bychom mohli objevit teorii všeho. Dokonce pro ni z její anglické zkratky vytvořili název: ToE.

Jak napsal Stephen Hawking ve *Stručné historii času*: „Věřím, že pokud jde o brzký konec hledání konečných zákonů přírody, máme důvody být mírně optimističtí." Knihu pak dramaticky uzavřel provokativním tvrzením: „Pak pochopíme mysl Boha."

Je něco takového možné? Lze vědět všechno? Chtěli bychom to vůbec? Věda by zkostnatěla a zakrněla. Vědci mají k neznámu podivně schizofrenní postoj. Na jedné straně nás neznámo upoutává a fascinuje, známkou úspěchu vědce je však vyřešení problému a poznání, změna neznámého ve známé.

Mohou ve vědeckém bádání existovat otázky, které nebudou nikdy vyřešeny? Existují meze toho, co můžeme o našem fyzickém vesmíru zjistit? Existují nějaké oblasti budoucnosti, které nepodléhají prediktivní schopnosti přírodních věd a matematiky? Je takovou nepoznatelnou oblastí doba před velkým třeskem? Existují myšlenky tak složité, že jsou nad síly našeho konečného lidského mozku? Může mozek zkoumat sám sebe, nebo je taková snaha vstupem do nekonečné smyčky, z níž není možné uniknout? Existují matematické domněnky, jejichž pravdivost nebude možné nikdy dokázat?

CO NIKDY NEPOZNÁME

Co když ve vědě existují otázky, na něž nebude možné nikdy odpovědět? Přiznat, že by takové otázky mohly vůbec existovat, zní poraženecky, možná dokonce i nebezpečně. Zatímco neznámo je hybnou silou vědeckého bádání, nepoznatelno by bylo pro vědu nesnesitelným trestem. Jako plnoprávný člen vědecké obce doufám, že nakonec na mnohé velké otevřené otázky odpovědět dokážeme. Měli bychom ale prozkoumat, zda výprava, k níž jsme se zde připojili, nenarazí na hranice, za něž nebudeme moci postoupit. Na otázky, na které nebude nikdy možné odpovědět.

A právě takový úkol jsem si zde uložil. Chci zjistit, zda existují věci, které z jejich vlastní podstaty nikdy nepoznáme. Je něco, co zůstane navždy za hranicemi poznání? Existují věci, jejichž vyřešení, navzdory bouřlivému tempu vědeckého pokroku, zůstane mimo schopnosti i těch největších vědců? Přetrvají záhady, které odolají všem našim pokusům zvednout závoj zakrývající nám pohled na vesmír?

Snažit se v jakékoli době určovat to, co nemůžeme poznat, je samozřejmě velmi riskantní. Jak můžeme vědět, zda nové pohledy a poznatky nepřesunou domnělé nepoznatelno ze dne na den do sféry poznatelného? Také proto je dobré nahlédnout do historie lidského poznání, která nám ukazuje, jak často jsme se domnívali, že jsme dosáhli nejzazší meze, než jsme našli cestu dál.

Francouzský filozof Auguste Comte například v roce 1835 o hvězdách prohlásil: „Nikdy nebudeme moci, žádnou metodou, prozkoumat jejich chemické složení ani jejich mineralogickou strukturu." Jelikož tyto znalosti by se zřejmě daly získat jen návštěvou dané hvězdy, zdálo se to jako zcela rozumné tvrzení. Comte však nepočítal s možností, že hvězda by mohla dorazit na návštěvu k nám, přinejmenším ve formě fotonů světla, které by nám mohly odhalit její chemickou stavbu.

Několik desítek let po Comteově proroctví vědci určili chemické složení naší hvězdy, Slunce, pomocí spektrální analýzy jejího světla. Tehdejší britský astronom Warren de la Rue k tomu poznamenal: „Kdybychom doletěli ke Slunci, přinesli si z něj nějaké kusy a analyzovali je v laboratořích, nemohlo by to být přesnější než údaje získané touto novou metodou spektrální analýzy." Vědci pak určili chemické složení dalších hvězd, na které se pravděpodobně také nikdy nedostaneme. Jak věda během 20. století odhalovala další a další záhady vesmíru, začal vznikat pocit, že bychom nakonec mohli sestavit jeho úplný obraz.

Lord Kelvin je mnohými považován za jednoho z největších vědců své doby, nicméně v přesvědčení, že taková chvíle už nastala, na schůzi Britské asociace pro rozvoj vědy v roce 1900 prohlásil: „Ve fyzice už není nic, co by se ještě dalo objevit. Zbývá jen stále přesnější a přesnější měření." Totéž si myslel i americký fyzik Albert Abraham Michelson. Také on se domníval, že budoucnost vědy bude nadále spočívat v pouhém přidávání desetinných míst k tomu, co už se zjistilo. „Všechny významnější základní zákony a fakta fyzikální vědy už byly objeveny... naše budoucí objevy musíme hledat na šestém desetinném místě."

O pět let později však Einstein předložil naprosto novou koncepci času a prostoru a krátce nato přišla odhalení kvantové fyziky. Kelvin a Michelson se ohledně možnosti nových objevů ve fyzice nemohli mýlit víc.

Cílem naší knihy je prozkoumat, zda existují problémy, které prokazatelně zůstanou za hranicemi našeho poznání, a to bez ohledu na jakékoli nové objevy. Možná, že žádné takové problémy neexistují. Jako vědec v to doufám. Jedním

z rizik plynoucích z potýkání se s nynějšími nezodpověditelnými otázkami je to, že se příliš brzy vzdáme snahy o jejich poznání. Pokud ale takové problémy skutečně existují, jaký mají charakter? Půjde vždy jen o otázku volby z několika možných odpovědí?

Debaty o známých neznámech však nejsou vyhrazeny jen světu vědy. Do filozofie poznání jednou v proslulém vyjádření zabrousil i americký politik Donald Rumsfeld:

> Jak víme, existují známá známa; to jsou věci, o kterých víme, že je známe. Víme také, že existují známá neznáma, tedy věci, o nichž víme, že je neznáme. Ale jsou také neznámá neznáma; to jsou věci, o kterých ani nevíme, že je neznáme.

Za tuto svou kryptickou odpověď (na novinářský dotaz po důkazech, že irácká vláda disponuje zbraněmi hromadného ničení) dostal Rumsfeld co proto. Novináři a blogeři měli žně a celý případ vyvrcholil tím, že ministr dostal od organizace za srozumitelné veřejné vyjadřování Plain English Campaign její výroční cenu Foot in Mouth za „matoucí vyjádření veřejně činné osobnosti". Pokud si ale toto sdělení rozebereme, vidíme, že v něm Rumsfeld velmi výstižně shrnul různé druhy znalostí. Vynechal snad jen jednu zajímavou kategorii: neznámá známa. To, co víme, ale neodvážíme si to přiznat, což je podle filozofa Slavoje Žižka možná ten nejnebezpečnější druh znalostí, zejména když je mají lidé s politickou mocí. Je to doména sebeklamu. Potlačovaných myšlenek. Freudovského nevědomí.

O neznámých neznámech bych mluvil velmi rád, to by ale musela být známá! Autor knihy *Černá labuť* Nassim Taleb je přesvědčen, že za největší změny ve společnosti mohou právě neznámá neznáma. Pro Kelvina se neznámým neznámem, které si nedokázal představit, stala relativita a kvantová fyzika. V této knize tedy mohu přinejlepším formulovat známá neznáma a ptát se, zda něco z nich zůstane navěky v kategorii neznámého. Existují otázky, které ze své podstaty a bez ohledu na pokrok v poznání nebudou nikdy zodpovězeny?

Nazval jsem tato neznáma „hranicemi". Ztělesňují obzor, za nějž nemůžeme pohlédnout. Moje putování k hranicím poznání a snaha o formulaci známých neznám bude procházet známými známy, která ukážou, jak daleko jsme dospěli za to, co jsme dříve považovali za meze poznání. Tato výprava rovněž otestuje mou vlastní schopnost poznání – poznat už jen to, co je známo, je pro vědce stále náročnější.

Tato kniha je sice především o tom, co poznat nemůžeme, důležité je ale také rozumět tomu, co už víme a jak jsme se to dozvěděli. Naše cesta k hranicím poznání nás provede územím, které již věda zmapovala, a dovede nás až k samotným mezím dnešních nejzazších průlomů. Během putování si uděláme zastávky,

při nichž se zamyslíme nad okamžiky, kdy se vědci domnívali, že narazili na zeď, za kterou už další pokrok není možný, jen aby příští generace našla cestu dál; to nám dodá důležitou perspektivu při zkoumání problémů, které dnes považujeme za nepoznatelné. Doufám, že na konci cesty získáme dostatečný přehled nejen o tom, co poznat nemůžeme, ale i tom, co známe.

Těmi oblastmi vědy, které se nacházejí mimo mou komfortní zónu, mě pomohli provést odborníci na dané obory; ti mě dovedli k hranicím každého z nich a prověřili, zda nepoznatelnost území, která leží za nimi, plyne z našich vlastních omezení, nebo vychází z vlastní podstaty daného problému.

Co se děje, když narazíme na otázku, kterou nedokážeme zodpovědět? Jak se vyrovnáváme s tím, že něco nemůžeme poznat? Odvážíme si přiznat, že některé věci zůstanou navždy mimo náš dosah? Jak se jako lidstvo s něčím takovým vyrovnáváme? Taková situace přinesla během tisíciletí pozoruhodné odpovědi a mimo jiné vedla ke vzniku myšlenky zvané Bůh.

CO NÁS PŘESAHUJE

Potřebu zkoumat nepoznatelné mám ještě z jednoho důvodu, který rovněž souvisí s mou novou funkcí. Mým předchůdcem v křesle profesora pro obeznamování veřejnosti s vědou byl Richard Dawkins. Když jsem od něj profesuru přebíral, sbíral jsem síly na příval otázek, které bych mohl dostávat, nikoli však o vědě, ale o náboženství. Díky své knize *Boží blud* a divokým přestřelkám s kreacionisty strávil Dawkins značnou část svých posledních let v této funkci debatami o náboženství a Bohu.

Jakmile jsem tedy nové místo převzal, lidé se nevyhnutelně začali zajímat o můj postoj k náboženství. Zpočátku jsem se snažil udržovat si od diskusí o Bohu určitý odstup. Mým úkolem bylo podporovat vědecký pokrok a zprostředkovávat veřejnosti nejaktuálnější vědecké poznatky. Chtěl jsem přesměrovat debatu od náboženství zpět ke vědě.

Otázkám o Bohu jsem se vyhýbal tím, že jsem vždy hned přiznal, že ve skutečnosti jsem zbožný. Než to novináře stačilo vyburcovat, vysvětlil jsem, že mým božstvem je fotbalový klub Arsenal. Mým chrámem je stadion Emirates (kdysi Highbury) v severním Londýně, kde každou sobotu uctívám své modly a zpívám jim písně. A na začátku každého ročníku se utvrzuji ve víře, že právě to bude rok, kdy konečně vyhrajeme. V prostředí města, jako je Londýn, převzal fotbal úlohu, kterou ve společnosti hrálo náboženství – spojovat lidi dohromady a dát jim rituály, které mohou společně sdílet.

Věda, kterou jsem jako mladistvý začal studovat, ze mě úspěšně vytlačila jakékoli neurčitě náboženské pocity, které jsem v dětství mohl pochytit. Zpíval jsem v místním kostelním sboru, a působily tak na mě myšlenky, které křesťanství

nabízí pro porozumění světu. Základní školní docházka v Británii 70. let měla mírně náboženský nádech: na začátku vyučování se sborově pěl anglikánský chvalozpěv „All Things Bright and Beautiful" a přeříkával Otčenáš. Náboženství ale bylo podáváno příliš prostoduše, než aby přežilo složité a úchvatné věci, s nimiž jsem se začal setkávat v laboratořích střední školy, a tak bylo rychle vystrčeno ze dveří. Věda a fotbal byly mnohem přitažlivější.

Otázka po mém vztahu k náboženství se však nadlouho nedala odbýt tak vyhýbavou odpovědí. Vzpomínám si, jak jsem se během jednoho rozhlasového rozhovoru v neděli ráno na severoirské stanici BBC nechal postupně vtáhnout do úvah o existenci Boha. Myslím, že jsem měl vnímat varovná znamení. V neděli ráno v Severním Irsku není Bůh nikdy daleko.

Jako matematik musím často dokazovat existenci nějakých nových struktur nebo formulovat argumenty pro to, že určité struktury existovat nemohou. Schopnost matematického jazyka vytvářet logické argumenty dováděla v historii řadu filozofů k matematice jako způsobu dokazování Boží existence. Já jsem ale měl s takovým přístupem vždy problém. Hodláme-li v matematice dokázat existenci (popřípadě neexistenci) čehokoli, potřebujeme zcela jasnou definici toho, o čem mluvíme.

Když tedy na mě moderátor začal dotírat s otázkami na můj postoj k existenci Boží, donutil jsem ho, aby se pokusil definovat, co znamená Bůh pro něj, abych do tohoto uvažování mohl zapojit svou matematickou mysl. „Je to něco, co přesahuje lidské chápání." Zprvu jsem si pomyslel – to je ale vytáčka. Vždyť ho definoval jako něco, co ze své podstaty nemůžeme pochopit. Pak mě to ale jako definice zaujalo. Možná to nakonec není až taková vytáčka.

Co když budeme *definovat* Boha jako to, co nemůžeme poznat? Bohové v mnoha starověkých kulturách vždy zastupovali věci, které jsme si nedovedli vysvětlit nebo nedokázali pochopit. Pro naše předky byly sopečné erupce nebo zatmění nebeských těles něčím natolik záhadným, že pro ně představovaly činy bohů. Jakmile se tyto fenomény začaly vysvětlovat vědecky, dala se tato zástupná božstva na ústup.

Tato definice má něco společného s Bohem, jemuž se často říká „Bůh mezer". To je výraz, který obvykle používali náboženští myslitelé, když sledovali, jak se prostor pro takto chápaného Boha pod náporem vědeckého poznání neustále zmenšuje; mysleli to ale hanlivě a jako výzvu k odmítnutí takového typu Boha. S výrazem „Bůh mezer" přišel oxfordský matematik a jeden z duchovních vůdců metodistické církve Charles Coulson, když prohlásil: „Není žádný ‚Bůh mezer', který by obsadil ta strategická místa, kde věda selhává."

Tento výraz však souvisí i s jedním chybným argumentem pro existenci Boha, jehož vyvracení věnoval Richard Dawkins část svého *Božího bludu:* existují-li věci, které nedokážeme objasnit nebo poznat, musí existovat Bůh, který

tuto mezeru zaplní. Mě však až tolik nezajímá existence Boha, který zaplňuje mezery, ale spíše ztotožnění Boha s abstraktní myšlenkou existence věcí, které nemůžeme poznat. Nikoli těch, které nedovedeme vysvětlit nyní, ale těch, které z jejich vlastní podstaty nebudeme moci poznat nikdy. Věcí, které nás budou vždy přesahovat.

Náboženství je složitější než jednoduchý stereotyp, který nám často nabízí moderní doba. Pro řadu starověkých kultur Indie, Číny a Blízkého východu náboženství nespočívalo v uctívání nadpřirozené inteligence, ale právě v pokusu pochopit meze našeho poznání a našeho jazyka. Teolog Herbert McCabe uvedl: „Trvat na existenci Boha je jako prohlašovat, že existuje nezodpovězená otázka o vesmíru." Věda tyto meze usilovně posunuje. Zbývá tedy ještě něco? Existuje něco, co bude vždy za touto hranicí? Existuje McCabeův Bůh?

Pátrání po něčem takovém bude jádrem této knihy. Dovedeme určit otázky nebo fyzikální fenomény, které zůstanou navždy za hranicemi poznání? A pokud zjistíme, že v mezerách poznání skutečně něco zbývá, co z toho plyne pro povahu Boha? Jakou sílu bude takový koncept mít? Může to, co nemůžeme poznat, zasahovat do světa a ovlivňovat naši budoucnost? A je to hodno uctívání?

Nejprve však musíme zjistit, zda je skutečně něco, co zůstane o světu a vesmíru nezodpovězeno. Opravdu existuje něco, co nebudeme moci poznat?

PRVNÍ HRANICE

HRACÍ KOSTKA Z KASINA

KAPITOLA 1

> Nepředvídatelné a předurčené se vyvíjejí ruku v ruce, aby vtiskly světu jeho podobu. Tak vytváří příroda sebe sama, na každé úrovni, sněhovou vločku i sněhovou vánici. Naplňuje mě to štěstím. Být opět na začátku, neznat takřka nic.
>
> Tom Stoppard: *Arkádie*

Na mém stole leží červená hrací kostka. Dostal jsem ji, když jsem byl v Las Vegas. Zamiloval jsem si ji, jakmile jsem ji tam na hracím stole spatřil. Je to dokonalý výrobek. Jejích dvanáct přesně vysoustružených hran se stýká v osmi rozích. Stěny má tak hladké, že hmatem nerozpoznám, kolik je na které z nich ok. Oka jsou vyfrézována a zatřena barvou o stejné hustotě, jakou má plast použitý k výrobě celé kostky. Díky tomu není stěna s šestkou ani o špetku lehčí než protilehlá strana s jedním okem. Držet tuto kostku v ruce je neuvěřitelně uspokojivý pocit. Je to věc, o níž mohu prohlásit, že je krásná.

A přece ji nenávidím.

Právě teď na mě z kostky hledí trojka. Když ji však zvednu a pustím z dlaně na stůl, nemám žádnou šanci poznat předem, kolik padne. Je to výsostný symbol nepoznatelného. Budoucí vrh kostkou je poznatelný teprve ve chvíli, kdy se stane minulostí.

Vždy mě mimořádně znepokojovaly věci, které jsem nemohl pochopit. Hádanky, které jsem nedokázal rozluštit. Nevadí mi, když něco neznám, pokud nakonec objevím způsob, jak si dát dohromady, o co jde. Když na to mám dostatek času. Je výsledek hodu kostkou skutečně nepoznatelný? Nebo bych si s dostatkem informací mohl výsledek příštího vrhu odvodit? Určitě je to jen otázka aplikace správných fyzikálních zákonů a vyřešení náležitých matematických rovnic. Něco takového bych měl zvládnout.

Matematika vznikla, aby lidé dokázali pohlédnout na to, co nás čeká. Aby mohli plánovat do budoucna; aby opanovali osud a přestali mu sloužit. Věřím, že vesmír se ve svém chodu řídí zákony. Když je pochopíme, můžeme vesmír poznat. Rozeznávat pravidelnosti a vzorce dává lidem velmi mocný způsob, jak se zmocnit vlády nad osudem. Pokud je najdeme, pak máme šanci předpovědět budoucnost a poznat dosud nepoznatelné. Díky existenci zákonů ve sluneční soustavě se můžeme spolehnout na to, že zítra vyjde na obloze Slunce nebo že se Měsíc za nějakých 28 východů Slunce dostane znovu do úplňku. Takto se matematika vyvinula. Matematika je věda o vzorcích. Schopnost rozeznávat vzorce je významným nástrojem v evolučním boji o přežití. Malby v jeskynním

komplexu Lascaux ukazují, že po odpočítání 13 čtvrtí Měsíce od chvíle, kdy se v zimě na obloze objeví Plejády, nadejde roční období, kdy jsou klisny březí a snadno se loví. Schopnost předpovědět budoucnost je klíčem k přežití.

Některé věci však žádné vzorce nemají nebo je mají tak složité nebo skryté, že jsou mimo možnosti lidského poznání. Hod kostkou je něco jiného než východ Slunce. Podle všeho neexistuje způsob, jak poznat, která ze šesti stěn skončí nahoře, až se kostka přestane otáčet. Proto se také kostky používají už od antiky k rozhodování sporů a hraní her o peníze.

Je ta nádherná červená krychlička opatřená bílými oky skutečně nepoznatelná? Určitě nejsem první, kdo má s dynamikou hrací kostky hodně složitý vztah.

JAK POZNAT VŮLI BOHŮ

Na nedávné cestě po Izraeli jsem vzal své děti na archeologické naleziště v národním parku Bejt Guvrin. Ve starověku bylo toto místo tak oblíbeným sídlem, že na vrstvě jednoho města je postavena vrstva dalšího. V zemi je tam tolik materiálu, že archeologové jsou rádi, když se jim nabídnou amatéři jako já a moje děti a pomohou s kopáním, i když při tom najdou jen pár rozbitých hrnců. Skutečně jsme vytáhli ze země mnoho kusů keramiky. Objevili jsme ale také velké množství zvířecích kostí. Zpočátku jsme je považovali za odpad z jídla, průvodce nám ale vysvětlil, že ve skutečnosti jde o nejstarší podobu hracích kostek.

Archeologické vykopávky na těchto neolitických sídlištích odhalily mezi obvyklými úlomky keramiky a pazourků nezvykle velkou koncentraci patních kostí ovcí a jiných zvířat. Tyto kosti jsou ve skutečnosti předchůdci mé hrací kostky z kasina. Když se takovou kostí hodí, přirozeně skončí na jedné ze čtyř stran. Na stranách těchto kostí jsou občas vyryty různé značky. Předpokládá se, že spíše než ke hře se tyto rané kostky používaly k věštění. Spojitost mezi výsledkem vrhu kostkou a vůlí bohů přetrvala staletí. Znalost toho, na jakou stranu kostka spadne, se považovala za něco, co přesahuje lidské chápání. Výsledek vrhu byl v rukou bohů.

Kostky pak stále častěji přebíraly prozaičtější roli ve světě zábavy. První kostka opracovaná do krychličky podobné té, jakou mám na stole, byla nalezena u Harappy v dnešním severovýchodním Pákistánu, kde se ve třetím tisíciletí př. n. l. rozvinula jedna z prvních městských civilizací. Z téže doby pochází čtyřstěnná kostka tvaru jehlanu, používaná pro hru, která byla objevena ve městě Ur ve starověké Mezopotámii.

Náruživě hráli v kostky starověcí Římané a Řekové i středověcí žoldnéři, kteří se vraceli z křížových výprav s novou hrou zvanou hazard, což je slovo pocházející z arabského označení kostek: *az-zahr*. Šlo o ranou verzi hry craps, která se hraje i v lasvegaském kasinu, odkud mám svou kostku.

Kdybychom uměli předpovědět, na kterou stranu se kostky na stole otočí, žádná hra, která je používá, by se neujala. Vzrušení z vrhcábů, crapsu nebo Člověče, nezlob se spočívá v neznalosti výsledku hodu. Moji snahu zjistit, zda je možné výsledek vrhu předpovědět, by tak asi hráči těchto her příliš neocenili.

Po staletí nikomu ani nepřišlo na mysl, že by něco takového bylo možné. Staří Řekové sice byli mezi prvními, kteří rozvíjeli matematiku jako nástroj k orientaci ve svém prostředí, rozhodně ale neměli tušení, jak se vypořádat s tak dynamickým problémem. Jejich matematikou byl statický, neměnný svět geometrie, který nebyl s to postihnout kostky padající na zem. Uměli sestavit vzorce popisující geometrické obrysy krychle, jakmile se ale kostka dala do pohybu, byli ztraceni.

A co experimenty, které by mohly poskytnout přibližnou představu o výsledcích více vrhů? Řekové kvůli svému antiempirickému přístupu neměli motivaci analyzovat data a pokoušet se o vědecké předpovědi, jak budou kostky padat. Koneckonců to, jak kostka zrovna padne, nemá žádný vliv na výsledek dalšího vrhu. Je to náhodné, což pro Řeky znamenalo nepoznatelné.

Aristoteles rozdělil vše, co se ve světě děje, do tří kategorií: na „události jisté“, které se dějí z nutnosti plynoucí z přírodních zákonů, „události pravděpodobné“, které nastávají ve většině případů, ale někdy zde dochází k výjimkám, a „události nepoznatelné“, které se dějí čistě náhodně. Mou kostku by Aristoteles zařadil nepochybně do poslední skupiny.

Věci se zhoršily, když na filozofii začala vyvíjet vliv křesťanská teologie. Jelikož vrh kostek je v rukou Božích, není to nic, co by se lidé měli snažit poznat. Svatý Augustin k tomu uvedl: „Říkáme, že tyto věci, které se považují za náhodné, nejsou neexistující, nýbrž skryté. A my je přisuzujeme vůli pravého Boha.“

Neexistovala žádná náhoda. Žádná svobodná vůle. Nepoznatelné bylo známo Bohu, který byl tím, kdo výsledek vrhu kostkou určoval. Jakákoli snaha pokoušet se o předpovídání výsledku je dílem kacíře, který se opovažuje myslet si, že by mohl poznat Boží úradek. Francouzský král Ludvík XI. dokonce zakázal výrobu hracích kostek s odůvodněním, že hry, v nichž rozhoduje náhoda, jsou nekřesťanské. Kostka však nakonec začala svá tajemství odhalovat. V 16. století byly kostky vyrvány z rukou Boha a jejich osud převzali lidé.

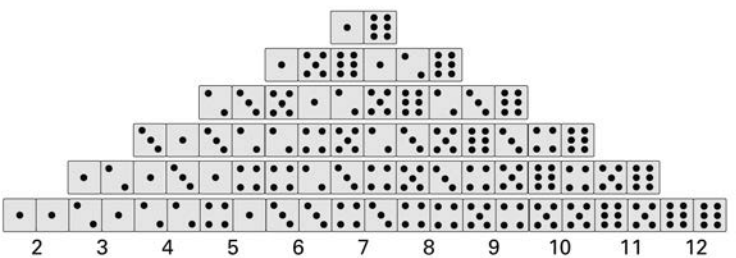
JAK NAJÍT V KOSTKÁCH MATEMATIKU

Položil jsem vedle své nádherné kostky z Las Vegas dvě další hrací kostky. A pokládám otázku: hodím-li všemi třemi kostkami, bude lepší vsadit si na součet 9, nebo 10? Do 16. století neexistoval žádný nástroj, s jehož pomocí by se na to dalo odpovědět. A přesto každý, kdo hrál v kostky dostatečně dlouho, věděl, že hází-li jen dvěma kostkami, pak by bylo moudré vsadit si spíše na 9 než na 10. Zkušenost nám koneckonců zanedlouho ukáže, že součet 9 padá v průměru

o třetinu častěji než 10. Se třemi kostkami je však těžší odhadnout, jak si vsadit, protože se zdá, že součty 9 i 10 padají stejně často. Je to ale skutečně tak?

Na počátku 16. století si jako první uvědomil existenci vzorců, jichž lze využít při hře v kostky, italský vášnivý hráč jménem Girolamo Cardano. Nebyly to ale pravidelnosti, které by se daly uplatnit na jednotlivé vrhy. Vzorce, které gambleři jako Cardano, trávící řadu hodin hrou v kostky, mohli využít ke svému prospěchu, se projevovaly až v dlouhých sériích. Hledáním možnosti předpovědět nepoznatelné byl Cardano posedlý natolik, že jednou dokonce prodal majetek své manželky, jen aby mohl dál hrát.

Cardano dostal chytrý nápad – spočítat, kolik možných výsledků může z vrhu kostek vzejít. Házíme-li dvěma kostkami, existuje 36 různých možností. Všechny máme znázorněny na obrázku 1.



Obr. 1: Cardanův přehled možných výsledků hodu dvěma kostkami.

Vidíme, že součet 10 mají pouze tři z celkového počtu možností, zatímco skóre 9 dávají čtyři eventuality. Cardano tedy usoudil, že při hře se dvěma kostkami je lepší sázet na 9 než na 10. V jednotlivých hrách to sice k ničemu není, v celkovém součtu by to ale znamenalo, že pokud se bude Cardano své matematiky držet, pak bude vyhrávat. Cardano sice byl jako matematik disciplinovaný, jakmile se však dostal k hracímu stolu, veškerou disciplínu pustil z hlavy. Podařilo se mu prohrát celé dědictví po otci, a když se kostky obrátily proti němu, skončilo to soubojem na nože se soupeři.

Nicméně jednu předpověď byl rozhodnutý naplnit. Cardano předpověděl datum své smrti na 21. září 1576. Aby tuto sázku vyhrál, vzal věci do vlastních rukou. Když onen den konečně nastal, spáchal sebevraždu. Jakkoli toužím po vědění, myslím, že to už je trochu moc. Znát den své smrti je rozhodně něco, čeho by se většina lidí ráda zřekla. Cardano byl ale odhodlán vyhrát i v kostkách se smrtí.

Než si vzal Cardano život, sepsal knihu, která byla podle mnohých prvním průnikem do toho, jak předpovídat chování kostek při hře. Spis *Liber de Ludo Aleae* (Kniha o hře v kostky) sice Cardano napsal kolem roku 1564, světlo světa ale spatřil až v roce 1663, kdy byl nakonec vydán.

Cardanovu analýzu, která řeší, zda sázet na součet 9, nebo 10, aplikoval na hru s třemi kostkami velký italský fyzik Galileo Galilei. Spočítal si, že zde existuje 6 × 6 × 6 = 216 různých možností. Z nich 25 dává součet 9 a z 27 variant vychází výsledek 10. Vyvodit tak malý rozdíl z empirických údajů by nebylo snadné, stačí však, aby sázky na výsledek 10 daly hráči při dlouhém hraní výhodu.

PŘERUŠENÁ HRA

Snahy ovládnout kostky pomocí matematiky se v polovině 17. století přesunuly z Itálie do Francie, kde se do předpovídání osudů padajících krychliček pustili dva velcí hráči – Blaise Pascal a Pierre de Fermat. Pascal se o studium vrhu kostkami začal zajímat po setkání s jedním největších hazardních hráčů své doby, Chevalierem de Méré. Ten Pascalovi předložil řadu zajímavých scénářů; jedním z nich byl problém, který rozlouskl už Galileo. Byla však mezi nimi i otázka, zda je záhodno vsadit si na to, že během čtyř vrhů kostkou padne alespoň jednou šestka, a dalším takovým scénářem byl nyní proslulý problém „bodů“.

Pascal si začal čile dopisovat s velkým matematikem a právníkem Pierrem de Fermat a ve vzájemné korespondenci se oba pokoušeli vyřešit problémy, které nadhodil de Méré. Při házení čtyřmi kostkami bylo nutné uvažovat o 6 × 6 × 6 × 6 = 1 296 různých výsledcích, bylo by ale dost nešikovné počítat, v kolika z nich figuruje šestka.

Pascal místo toho vyšel ve svých úvahách z pravděpodobnosti, že číslo 6 nepadne jedním hodem. Tato eventualita má pravděpodobnost 5/6, a jelikož je každý hod nezávislý, činí pravděpodobnost, že šestka nepadne čtyřmi hody, 5/6 × 5/6 × 5/6 × 5/6 = 625/1296 = 48,2 %. Což znamená, že šance na padnutí šestky při vrhu čtyřmi kostkami je 51,8 %. To je těsně nad poloviční pravděpodobností, takže vsadit si na tuto možnost už stojí za to.

Problém „bodů“ byl o něco náročnější. Předpokládejme, že jednou kostkou házejí dva hráči – říkejme jim Fermat a Pascal. Fermat získává bod, pokud hodí 4 a více; v ostatních případech boduje Pascal. Každý má tedy při jakémkoli hodu šanci 50 : 50, že získá bod. Oba se vsadili o 64 mincí, kdo první dosáhne 3 bodů. Hra je však přerušena bez možnosti dokončení ve chvíli, kdy Fermat má 2 body a Pascal 1 bod. Jak by si oněch 64 mincí měli rozdělit?

Tradiční pokusy o řešení tohoto problému se zaměřovaly na to, co se už odehrálo. Jelikož Fermat vyhrál dvakrát více kol než Pascal, měl by možná dostat dvojnásobek. Takový postup by však nedával smysl, kdyby skóre bylo třeba 1 : 0.

Pascal by tak nedostal nic, ačkoli ve skutečnosti stále měl naději na celkové vítězství. Cardanův současník Niccolò Fontana Tartaglia dospěl po dlouhém zvažování k závěru, že tento případ nemá řešení: „Vyřešit tuto otázku není možné matematikou, ale jen u soudu, protože ať si to rozdělí jakkoli, vždy to povede k možnosti sporu."

Jiní se tak snadno nevzdávali. Jejich pozornost se přesunula od minulých událostí k tomu, jak by se situace mohla odvíjet v budoucnu. Na rozdíl od jiných problémů se nepokoušeli výsledky vrhů kostkou předpovědět, ale snažili se představit si všechny možné budoucí scénáře; výhra by pak byla rozdělena podle toho, která verze budoucnosti by byla pro toho kterého hráče příznivější.

Tady se dá snadno podlehnout klamu. Na první pohled máme tři scénáře. Fermat vyhraje příští kolo a bere všech 64 mincí. Nebo v příštím kole zvítězí Pascal a v tom případě následuje poslední kolo, v němž vyhraje buď Pascal, nebo Fermat. Fermat vítězí ve dvou ze tří scénářů, takže by zřejmě měl dostat dvě třetiny výhry. Do této pasti upadl de Méré. Pascal namítl, že taková úvaha není správná. „Chevalier de Méré je velmi talentovaný, ale není to matematik; je to zcela jistě velký omyl." Vskutku velký omyl!

Pascal byl naopak v matematice skvělý a na jejím základě dospěl k jinému rozdělení výhry. Pravděpodobnost Fermatovy výhry v následujícím kole je 50 : 50 a v takovém případě by Fermat vyhrál celou hru. Když ale v tomto kolo vyhraje Pascal, budou mít oba šanci na výhru v posledním kole stejnou. Fermat má v obou případech jistou polovinu výhry čili 32 mincí. Zbylých 32 mincí by se tak mělo rozdělit na polovic, takže Fermat by celkem měl dostat 48 mincí.

Fermat v dopise ze svého domova nedaleko Toulouse s Pascalovou analýzou souhlasil: „Nyní vidíte, že pravda je v Toulouse i v Paříži tatáž."

PASCALOVA SÁZKA

Pascalův a Fermatův rozbor hry o body by bylo možné použít i na mnohem složitější scénáře. Pascal objevil, že tajemství správného rozdělení výhry se skrývá uvnitř diagramu, který dnes známe jako Pascalův trojúhelník.

1
1 1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1
1 5 10 10 5 1

Tento trojúhelník je sestrojen tak, že každé číslo je součtem dvou čísel nad ním. Čísla, která takto dostaneme, jsou klíčem k rozdělování výher v jakékoli přerušené hře o body. Pokud například Fermat potřebuje k výhře 2 body a Pascal 4, pak se podíváme na 2 + 4 = 6. řádek trojúhelníku a sečteme nejprve první čtyři čísla zleva a odděleně pak poslední dvě čísla. V našem případě je to 1 + 5 + 10 + 10 = 26 ku 1 + 5 = 6. Výhra by se tedy měla rozdělit přesně v takovém poměru. Fermat tak dostane 26/32 × 64 = 52, zatímco Pascal si bude moci vzít 6/32 × 64 = 12 mincí. Obecně vyjádřeno, výsledek hry, v níž Fermat potřebuje k výhře n bodů a Pascal m bodů, rozhodneme tím, že se podíváme na $(n + m)$-tý řádek Pascalova trojúhelníku.

Víme ale, že francouzský objev spojitosti mezi číselným trojúhelníkem a výsledkem hry založené na náhodě předstihli o několik tisíciletí Číňané. Ti vášnivě používali kostky a jiné způsoby práce s náhodou, které používá například *Kniha proměn* neboli *I-ťing*. Text *I-ťing* vznikl před zhruba 3 000 lety a najdeme v něm úplně stejnou tabulku, jakou Pascal vytvořil k analýze výsledků náhodných hodů; tabulka v *I-ťing* je ale nástrojem náhodného výběru hexagramu, jehož význam se poté analyzuje. Dnes ovšem tento trojúhelník nepřipisujeme Číňanům, ale Pascalovi.

Pascal se nezajímal jen o kostky. Proslul zejména tím, že svou novou matematiku pravděpodobnosti použil k otestování výhodnosti víry v jedno velké neznámo – Boží existenci.

> Bůh je, nebo není. Jenže k čemu se přikloníme? Rozum tu nemůže o ničem rozhodnout. Odděluje nás nekonečný chaos. Na okraji té nekonečné vzdálenosti se hraje hra, v té padne panna, nebo lev ... Pro co se tedy rozhodnete? Nuže, musíte-li už volit, uvažte, na čem máte nejmenší zájem. Můžete ztratit dvě věci: pravdu a dobro; a dvě věci vsadíte: svůj rozum a vůli, své vědění a blaženost; a vaše přirozenost unikne dvěma věcem: omylu a bídě. Protože je nevyhnutelné, abyste volil, váš rozum nedojde větší újmy tím, že zvolíte to nebo ono ... Ale co vaše blaženství? Zvažme ztrátu a zisk, zvolíte-li lva – že Bůh je ... vyhrajete-li, vyhrajete všechno, prohrajete-li, neprohrajete nic. Vsaďte tedy na to, že Bůh je, a neváhejte.

Tato úvaha, známá jako Pascalova sázka, tvrdí, že pokud se člověk rozhodne pro víru v Boha, jeho odměna bude mnohem vyšší než výhra v opačné sázce. Pokud vsadí špatně a Bůh neexistuje, pak příliš neztratí, jestliže ale Bůh opravdu existuje, získá život věčný. Prohra v sázce proti existenci Boha by naproti tomu vedla k věčnému zatracení, kdežto výhra v ní by nepřinesla nic kromě poznání, že Bůh není. Celý Pascalův argument se ovšem rozpadne na kousky, pokud je pravděpodobnost existence Boha 0; ale i kdyby nulová nebyla, je možné, že

cena zaplacená za víru bude ve srovnání s pravděpodobností Boží existence příliš vysoká.

Pravděpodobnostní metody, které matematici jako Fermat a Pascal vyvinuli pro práci s nejistotou, jsou nesmírně účinné. Fenomény, které se považovaly za nepoznatelné a za doménu bohů, začaly být díky nim v dosahu lidského rozumu. Dnes jsou tyto metody naším nejlepším nástrojem pro zkoumání celé řady jevů – od chování částic plynu po pohyb akciových trhů. Na milost matematice pravděpodobnosti se vydává i sama povaha hmoty – to uvidíme v naší Třetí hranici, kde budeme pomocí kvantové fyziky předpovídat, co budou elementární částice dělat, když je budeme pozorovat. Je ale pravda, že pro toho, kdo vyžaduje jistotu, jsou pravděpodobnostní metody jen rozčilujícím kompromisem.

Jakkoli oceňuji velký intelektuální průlom, který učinili Fermat, Pascal a další, jejich práce mi ani v nejmenším nepomohla dopátrat se odpovědi na otázku, které číslo padne, když hodím svou kostkou. Čím déle jsem matematiku pravděpodobnosti studoval, tím větší nespokojenost jsem pociťoval. Každý kurz pravděpodobnosti vám vtluče do hlavy, že nezáleží na tom, kolikrát za sebou padne šestka: nemá to žádný vliv na to, které číslo padne v příštím hodu.

Existuje tedy nějaký způsob, jak poznat, co na kostce padne právě teď? Nebo bude znalost něčeho takového vždy mimo naše možnosti? Podle toho, co kdysi objevil jeden velký vědec v Anglii, to nemožné není.

MATEMATIKA PŘÍRODY

Největším hrdinou v mém boji proti nepoznatelnému je Isaac Newton. Myšlenka, že bychom o vesmíru mohli poznat všechno, má původ v Newtonově revolučním díle *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Kniha vydaná poprvé v roce 1687 přinesla nový matematický jazyk, který sliboval poskytnout nástroje pro nalezení klíčů k chování vesmíru. Byl to dramaticky nový model vědeckého zkoumání. Toto Newtonovo dílo „rozprostřelo světlo matematiky na vědu, která do té doby setrvávala v temnotě domněnek a hypotéz“, prohlásil v roce 1747 francouzský matematik a fyzik Alexis Clairaut.

Newtonova práce je rovněž pokusem o sjednocení našeho vědění, o vytvoření teorie, která by popisovala zároveň věci nebeské i pozemské, velké i malé. Johannes Kepler objevil zákony, které určují pohyby planet, a objevil je empiricky – zkoumáním údajů a zkoušením rovnic, které by odpovídaly minulému vývoji. Galileo popsal trajektorii koule letící vzduchem. Až Newton ale pochopil, že to všechno jsou příklady jediného jevu: gravitace.

Newton, narozený v lednu 1643 ve vesnici Woolsthorpe v hrabství Lincolnshire, se vždy snažil podrobit si svět hmoty. Vyráběl mechanické a sluneční hodiny, sestrojoval miniaturní mlýnky, které poháněly myši, vytvářel nesčetné

náčrtky budov a lodí a kreslil podrobně propracované ilustrace zvířat. Jednoho dne údajně zmizela Newtonovic kočka – podle všeho ji odnesl horkovzdušný balon, který sestrojil malý Newton. Jeho školní záznamy mu však velkou budoucnost nepředpovídaly a označovaly ho za „nepozorného a líného".

Lenost není u matematika až tak špatná vlastnost. Při řešení problémů to naopak může být silný podnět k hledání důmyslných zkratek, které by ukončily lopotu s tradičními postupy. Obvykle to však není vlastnost, jakou by učitelé oceňovali.

Newton si ve škole dokonce vedl tak špatně, až jeho matka usoudila, že škola je pro něj ztráta času a že bude lépe, když se bude učit, jak vést rodinnou farmu ve Woolsthorpe. Newton však byl stejně beznadějný případ i zde, takže se zas vrátil do školy. Je to možná jen smyšlenka, říká se ale, že Newtonova náhlá přeměna ve vědce nastala po ráně do hlavy, kterou utržil od jednoho školního tyrana. Tak či onak, díky této proměně začal Newton náhle ve škole vynikat, což ho nakonec přivedlo na univerzitu v Cambridgi.

Když v Anglii v roce 1665 propukl mor, byla Cambridgeská univerzita dočasně uzavřena a Newton se uchýlil domů. Izolace bývá při objevování nových myšlenek přínosná. Newton se schoval ve svém pokoji a přemýšlel.

> Pravda je potomkem ticha a přemítání. Mám své téma neustále před sebou a čekám, až se začnou pomalu zjevovat první záblesky a z nich, pozvolna a po troškách, vzplane plné a jasné světlo.

Ve svém odloučení v Lincolnshiru Newton vytvořil nový jazyk, který se dokázal zmocnit světa v pohybu: kalkulus neboli infinitezimální počet. Tento matematický nástroj se stal klíčem k tomu, že dokážeme zjistit, jak se bude vesmír chovat v budoucnu. A právě tento jazyk mi dává naději na to, že pochopím, jak by moje kostka z kasina mohla padat.

MATEMATICKÉ MOMENTKY

Kalkulus se snaží najít smysl v něčem, co na první pohled vypadá z matematického hlediska jako nesmysl: v dělení nuly nulou. Když pouštím svou kostku z dlaně a chci poznat její okamžitou rychlost, musím počítat právě takto.

Rychlost kostky letící vzduchem se vlivem gravitace neustále zvyšuje. Jak tedy mohu spočítat, jakou rychlostí kostka padá v daném okamžiku? Jak rychle padá například po uplynutí jedné sekundy? Rychlost je překonaná vzdálenost dělená spotřebovaným časem. Mohl bych tedy změřit vzdálenost, kterou kostka překoná během příští sekundy, čímž bych dostal průměrnou rychlost za sekundu. Já ale chci přesnou okamžitou rychlost. Mohl bych zjistit vzdálenost, o niž kostka

KALKULUS: CO ZNAMENÁ DĚLIT NULU NULOU

Uvažujme automobil, který vyjíždí z klidové pozice. Jakmile se spustí stopky, řidič šlápne na plynový pedál. Předpokládejme, že po t sekundách vůz ujede $t \times t$ metrů. Jak rychle vůz pojede po 10 sekundách? Přibližný odhad okamžité rychlosti dostaneme zjištěním vzdálenosti absolvované mezi 10. a 11 sekundou. Průměrná rychlost během této sekundy činí $(11 \times 11 - 10 \times 10) / 1 = 21$ metrů za sekundu.

Podíváme-li se ale na kratší časový interval, řekněme půl sekundy, vyjde nám průměrná rychlost následovně:

$(10{,}5 \times 10{,}5 - 10 \times 10) / 0{,}5 = 20{,}5$ metru za sekundu.

Výsledek je nyní o něco nižší, protože automobil stále zrychluje, takže v průměru jede ve druhé polovině 11. sekundy rychleji. Teď si vytvoříme ještě kratší momentku. Zkrátíme si časový interval opět na polovinu:

$(10{,}25 \times 10{,}25 - 10 \times 10) / 0{,}25 = 20{,}25$ metru za sekundu.

Matematik v nás si už jistě všiml pravidelnosti, která se zde objevuje. Zvolíme-li si časový interval x, bude průměrná rychlost za tu dobu $20 + x$ metrů za sekundu. Se stále menšími intervaly se bude rychlost stále více přibližovat 20 metrům za sekundu. I když tedy výpočet okamžité rychlosti po 10 sekundách vypadá, jako bychom dělili nulu nulou, kalkulus ukazuje, co to vlastně znamená.

spadne za kratší dobu, řekněme za půl nebo čtvrt sekundy. Čím menší časový interval, tím bude výpočet rychlosti přesnější. K přesné rychlosti se nakonec dostanu, když budu uvažovat nekonečně malý časový interval. Tím ale docházím k výpočtům, v nichž nulu dělím nulou.

Kalkulus do takových výpočtů vnesl smysl. Newton pochopil, jak vypočítat, k jaké hodnotě rychlost směřuje, budou-li časové intervaly stále kratší. Byl to nový, revoluční jazyk, jemuž se podařilo zmocnit se dynamického, neustále se měnícího světa. Geometrie starých Řeků byla dokonalým nástrojem k vystižení statického, zamrzlého obrazu světa. Newtonovým matematickým průlomem byl jazyk, jenž dokázal popsat svět v pohybu. Matematika urazila cestu od popisu zátiší k uchopení pohyblivého obrazu. Byla to vědecká obdoba tehdejšího vpádu dynamického baroka do statické renesance.

Newton toto období považoval za jedno z nejplodnějších ve svém životě a rok 1666 označil za svůj „zázračný rok“ – *annus mirabilis*. „Byl jsem na vrcholu svého období objevování a matematikou i filozofií jsem se tehdy zabýval více než kdykoli později.“

Všechno kolem nás se neustále mění, nová Newtonova matematika tedy měla ohromný význam. Pro samého Newtona byl ale kalkulus osobním nástrojem

k dosažení vědeckých závěrů, které formuloval v *Principiích*, přelomovém pojednání, v němž předložil své myšlenky o gravitaci a zákonech pohybu.

Newton, který o sobě v knize mluví ve třetí osobě, vysvětluje, že jeho kalkulus je klíčem k vědeckému objevování toho, co zůstává skryto: „Pomocí této nové analýzy pan Newton objevil většinu tvrzení těchto *Principií*." Výklad oné „nové analýzy" však nikde nepublikoval. Myšlenky, na nichž spočívala, nechal kolovat pouze soukromě mezi přáteli a necítil potřebu dát je k dispozici veřejnosti.

Jazyk infinitezimálního počtu je nyní naštěstí všeobecně dostupný a já sám jsem nad ním strávil několik let svého matematického studia. Mám-li ale odhalit tajemství své kostky, musím spojit Newtonův matematický objev s jeho vynikajícím příspěvkem k fyzice: s proslulými zákony pohybu, jimiž zahajuje svá *Principia*.

PRAVIDLA HRY

Newton v *Principiích* vysvětluje tři jednoduché zákony, od nichž se odvíjí převážná většina pohybu ve vesmíru.

Newtonův první pohybový zákon: *Těleso zůstává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, není-li nuceno působením vnějších sil tento stav změnit.*

Pro Aristotela a další myslitele před Newtonem to nic samozřejmého nebylo. Koule, která se kutálí po rovném povrchu, se nakonec zastaví. Zdá se, že k udržení jejího pohybu je zapotřebí určitá síla. Na rychlost koule však působí jedna skrytá síla: tření. Hodím-li svou kostkou do vnějšího vesmíru, kde nepůsobí žádné gravitační pole, setrvá v přímočarém letu stálou rychlostí.

Ke změně rychlosti nebo směru pohybu je zapotřebí síla. Newtonův druhý zákon vysvětluje, jak se působením síly pohyb změní, a jeho součástí je nám už známý nový nástroj, který takovou změnu vyjadřuje. Kalkulus mi už umožnil vyjádřit, jakou rychlostí bude moje kostka padat v tom kterém okamžiku. Míru změny této rychlosti zjistím opět použitím kalkulu. Druhý Newtonův zákon říká, že existuje přímý vztah mezi použitou silou a mírou změny rychlosti.

Newtonův druhý pohybový zákon: *Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.*

Chci-li porozumět pohybu padající kostky, musím pochopit síly, které na takové objekty mohou působit. Newtonův gravitační zákon určil jednu ze základních sil, které vykonávají vliv kupříkladu na padající jablko nebo na pohyby planet sluneční soustavy. Tento zákon konstatuje, že síla, která působí na těleso o hmotnosti m_1 a vyvíjená tělesem o hmotnosti m_2 ve vzdálenosti r, se rovná

$$\frac{G \times m_1 \times m_2}{r^2}$$

kde *G* je empiricky zjištěná fyzikální konstanta, která vyjadřuje gravitační sílu v našem vesmíru.

Pomocí těchto dvou zákonů můžeme popsat trajektorii koule letící vzduchem, dráhu planety putující sluneční soustavou nebo kostky padající z dlaně. Jakmile však kostka dopadá na stůl, objeví se další problém. Co se stane pak? Vodítko nám dává Newtonův třetí zákon.

Newtonův třetí pohybový zákon: *Jestliže jedno těleso působí silou na druhé těleso, pak také druhé těleso působí na první těleso stejně velkou, ale opačně orientovanou silou.*

Sám Newton tyto zákony použil k vyvození pozoruhodného řetězce jevů dějících se ve sluneční soustavě. „Nyní ukazuji, jak vypadá systém světa," napsal. Své myšlenky začal aplikovat na dráhy planet tím, že uvažoval každou planetu jako bod v jejím středu a předpokládal, že v tomto bodě planeta soustředí veškerou svou hmotnost. Pomocí svých pohybových zákonů a nové matematiky pak úspěšně vyvodil Keplerovy zákony pohybu planet.

Newton rovněž dokázal vypočítat relativní hmotnosti Slunce a velkých planet, jako je Země. Řadu zvláštních nepravidelností v pohybu Měsíce vysvětlil přitažlivou silou Slunce. Pomocí matematiky také odvodil, že Země není dokonalá koule, ale že vlivem zemské rotace a odstředivé síly, která je jejím důsledkem, je kolem pólů zploštělá. Soudobí francouzští vědci se domnívali, že tato síla působí opačně, a že Země by tak měla být směrem k pólům zašpičatělá. V roce 1733 se uskutečnila vědecká expedice, která dokázala, že pravdu měl Newton – a matematika.

NEWTONOVA TEORIE VŠEHO

Byl to mimořádný počin. Tři pohybové zákony byly semínky, z nichž bylo možné odvodit pohyb všech těles a částic ve vesmíru. Zaslouží si tak název teorie všeho. Říkám „semínka", protože od dalších vědců to vyžadovalo, aby je zaseli a využili k popisu složitějších systémů, než byla Newtonova sluneční soustava tvořená hmotou redukovanou na jednotlivé body. Ve své původní formě tyto zákony nebyly například vhodné k popisu pohybu méně pevných těles nebo těles, která se deformují. Rovnice, které zobecňují Newtonovy zákony, vypracoval velký švýcarský matematik z 18. století Leonhard Euler. Eulerovy rovnice se dají aplikovat obecněji, třeba na vibrující struny nebo kyvadlo v pohybu.

Pak se už objevovaly další a další rovnice, které popisovaly jeden přírodní jev za druhým. Euler vytvořil rovnice pro ideální, neviskózní kapaliny. Francouzský matematik Joseph Fourier našel na počátku 19. století rovnice popisující vedení tepla. Jeho krajané Pierre-Simon Laplace a Siméon Denis Poisson použili Newtonovy rovnice jako základ pro obecnější rovnice gravitace, které se tehdy

používaly i k pochopení dalších jevů, jako je hydrodynamika nebo elektrostatika. Chování viskózní tekutiny popsala Navierova–Stokesova rovnice a základní zákony elektromagnetismu určily Maxwellovy rovnice.

Po objevu infinitezimálního počtu a zákonů pohybu se zdálo, že Newton udělal z vesmíru deterministický hodinový stroj řízený matematickými rovnicemi. Vědci byli přesvědčeni, že nalezli opravdovou teorii všeho. Víru většiny vědců v mimořádnou schopnost matematiky vysvětlit celý hmotný svět shrnul Pierre-Simon Laplace ve svém *Filozofickém eseji o pravděpodobnosti* z roku 1812 následující úvahou:

> Na nynější stav vesmíru můžeme pohlížet jako na výsledek jeho minulosti a příčinu jeho budoucnosti. Intelekt, který by v každém daném okamžiku znal všechny síly oživující Přírodu a vzájemnou polohu objektů, které ji tvoří, a byl by dostatečně mohutný na to, aby všechny tyto informace podrobil důkladnému rozboru, takový intelekt by dokázal převést do jediného vzorce pohyby největších těles i nejlehčího atomu vesmíru; pro takový intelekt by nebylo nic nejistého a před jeho očima by ležela minulost stejně jako přítomnost.

Ve staletích, která následovala po Newtonově velkém díle, mezi vědci zcela převládlo přesvědčení, že vesmír je teoreticky úplně poznatelný, a to jak jeho minulost, tak přítomnost. Zdálo se, že jakákoli myšlenka o Bohu, který aktivně zasahuje do světa, byla zcela vymýcena. Bůh možná svět sestrojil a uvedl do chodu, od té chvíle však vládu nad ním převzaly matematické rovnice.

Co z toho plyne pro mou hrací kostku? Mohl bych teď pomocí pohybových zákonů spojit geometrii této krychle s počátečním směrem pohybu a následným působením dopadu na stůl tak, abych dokázal předpovědět výsledek? Sepsal jsem si příslušné rovnice do poznámkového bloku, ale příliš nadějně to nevypadalo.

O tom, jak by bylo možné předpovědět výsledek vrhu kostek, přemýšlel i Newton. Jeho zájem o hazard vyvolal dopis, který dostal od anglického úředníka a politika Samuela Pepyse. Pepys požádal Newtona o radu, na kterou eventualitu by si měl vsadit ve hře, kterou se chystal sehrát s jedním přítelem:

1. na to, že při vrhu šesti kostkami padne nejméně jedna šestka
2. při vrhu dvanácti kostkami padnou nejméně dvě šestky
3. při vrhu osmnácti kostkami vyjdou nejméně tři šestky

Pepys chtěl vsadit 10 liber, což je v dnešní hodnotě kolem 1 000 liber, a velmi rád by dostal nějakou dobrou radu. Intuitivně pokládal za nejlepší možnost tu třetí. Newton ale odpověděl, že matematika říká něco jiného, konkrétně to, že