

## Newtonovský moment

---

„Hele, já prostě absolutně miluju Možná mrtvý kočky,“ prohlásím.

„Jo, nejsou špatný. Kapku pseudointelektuální, ale to jsme všichni, ne?“

„Podle mě ten jejich název je narážka na toho chlápka, na toho fyzika,“ řeknu. Tedy, já si to nemyslím, já to *vím*. Zrovna jsem si tu kapelu vyhledal na Wikipedii.

„Jo,“ potvrdí ona. „Na Schrödingera. Akorát že to jméno je úplně vedle, protože Schrödinger se proslavil tím, že poukázal na jeden paradox v kvantové fyzice, kde za jistých okolností může kočka, kterou nevidíš, být zároveň živá i mrtvá. Ne *možná* mrtvá.“<sup>1</sup>

– Will Grayson, *Will Grayson*

Rakouský fyzik Erwin Schrödinger předložil svou dnes slavnou metaforu kočky napůl z legrace v roce 1935. Komentoval tak neschopnost svých kolegů proniknout do kvantové mechaniky. Asi těžko by si dokázal představit, že jeho kočka pevně zakotví v popkultuře, dostane se do románů a komiksů a bude se tisknout na hrnky na kávu a na trička. Jeden z nejnovějších příkladů se objevuje v knize *Will Grayson, Will Grayson*, románu pro mládež od Johna Greena a Davida Levithana (2010, česky 2016). V něm se ptá Will Jane – dívky, k níž chová smíšené a nevyjádřené pocity – na Schrödingerovu kočku. Jane popisuje slavný myšlenkový experiment rakouského fyzika a dodává, že Schrödinger „neschvaloval zabíjení koček nebo něco takového... jen říkal, že se mu zdálo trochu nepravděpodobné, že by kočka mohla být v jednu chvíli zároveň živá i mrtvá“.

Will o tom chvíli uvažuje. Přemýšlí o svých vlastních smíšených pocitech – Jane ho opravdu přitahuje, přesto však

odmítl její první nabídku polibku – a myšlenka, že by něco mohlo být v jednu chvíli skutečné i neskutečné, mu zase tak nepravděpodobná nepřipadá. „Veškeré věci, které uchováváme v uzavřených bednách, jsou do doby, než bednu otevřeme, živé i mrtvé,“ přemítá. „To, co nevidíme, zároveň je i není.“

Jiné využití obrazu Schrödingerovy kočky se objevuje v *Projektu posmrtného života* (2012, česky 2015), apokalyptickém sci-fi románu Ryana Boudinota. V něm se hlavní hrdinka jménem Abby Foggová projevovala v mrtvé i živé podobě poté, co byla – aniž by o tom věděla – naprogramována, aby infiltrovala do jiné reality. Jednoho dne v márnici s hrůzou zírá na dvě nahé a mrtvé identické verze sebe sama. „Vaše jáství, Abby, přešlo do superpozice,“ říká jí doktor. „Jako byste byla naráz živá i mrtvá, a tahle současnost je sebeplikační systém, v němž existují různé ‚momentky‘ vašeho mrtvého já. Což dělá z pitvy fušku, to vám teda řeknu.“<sup>2</sup>

Schrödingerova kočka je jedním z mnoha obrazů a pojmů z kvantové mechaniky, jež se objevily v popkultuře. Někdy jsou takové odkazy zlehčující a ironické, zatímco jindy jsou myšleny vážně a poskytují nové náhledy na to, jak lidské bytosti vidí svět i sebe navzájem.

Abychom pochopili, jak mohly obrazy a termíny z odlehlého kouta fyziky, zasvěceného vyzařování a pohlcování světla, dosáhnout tak enormního vlivu na kulturu, musíme nejdříve pochopit vědecký rámec, v němž se kvantum objevilo, a který byl ustaven dílem Isaaka Newtona před nějakými třemi staletími, a zjistit, jaký mělo jeho dílo kulturní dopad.

### Isaac Newton

V roce 2004 uspořádala Veřejná knihovna v New Yorku výstavu, jež byla pozoruhodná svým záběrem i obsahem – a umístěním. Událost s názvem „Newtonovský moment: Isaac Newton a utváření moderní kultury“ se konala v hlavní budově

knihovny v samém centru Manhattanu na rohu Páté Avenue a 42. ulice. Návštěvníci do této secesní budovy vystupovali po mramorovém schodišti mezi dvěma slavnými sochami lvů – ten jménem Patience (trpělivost) je po vaší levé straně, po vaší pravé straně se nachází Fortitude (statečnost) – skrze ohromné sloupy do vstupní haly. Cedule vás poté navedly do velkolepé hlavní výstavní síně, kde byla namísto fádnic kreseb a dokumentů, jež často tvoří knihovnické výstavy, umístěna ohromující sbírka materiálů názorně představující rozsáhlý kulturní vliv díla Sira Isaaka Newtona (1642–1747).

Mezi exponáty byly glóbusy, planetostroje (modely sluneční soustavy) a teleskopy; sochy a busty Newtona a jeho následovníků; malby znázorňující výjevy a experimenty z Newtonova života; a portréty Newtona a jeho díla od Hogartha, Williama Blakea a dalších. Jeden z popisků se odvolával na slavné dvojverší Alexandra Popa,

*Tak dlouho přírodu a zákon její noci šero krylo,  
až řekl Bůh: „Budiž Newton!“ a vše se rázem vyjasnilo.<sup>3</sup>*

Jiné exponáty ilustrovaly méně oslavné a méně jednoznačné hodnocení Newtona a jeho díla. Kresba a navazující malba Williama Blakea znázorňuje Newtona v nelichotivé, dokonce nepřirozené pozici, zcela pohlceného nástroji a symboly, jež kreslí na svitek, otočeného zády k nádhernému moři Přírody, v němž je ponořen. Blake respektoval Newtonovy schopnosti, odsuzoval však jak jeho mechanické vidění světa, tak nadvládu strojů, která z něj pramenila. Míra Blakeova zhnusení je patrná z jeho hesla „Umění je Stromem života, věda Stromem smrti.“

Součástí expozice bylo první vydání Newtonova mistrovského díla, *Principií*, ve Spojených státech vystavené vůbec poprvé, s Newtonovými vlastnoručními opravami pro další vydání. Vystavena byla i zahraniční vydání *Principií*, zkrácená verze zaměřená na ženské publikum, a série dětských knih o newtonovské vědě od „Toma Teleskopa“ z 18. století.

Poblíž visely malby inspirované světlem, gravitací, oběžnými drahami, spektrem, vládou pořádku a uspořádanosti a dalšími newtonovskými tématy.

Výstava názorně ukazovala revoluci ve světonázoru vyvolanou Newtonovým dílem. „Na éru osvícenství a revoluce,“ napsal historik Kalifornského technologického institutu Mordechai Feingold do katalogu výstavy, „lze pohlížet jako na newtonovský moment, chápaný jako příznak celé této epochy a způsobu, jakým nakonec newtonovská myšlenka prodchla evropskou kulturu ve všech jejích formách.“<sup>4</sup> V běžném jazyce znamená slovo „moment“ časový úsek. Fyzici mu dodali odborný význam související s rotací; točivou či kroutivou silou nebo odporem tělesa vůči takové síle. Historici, jako je Feingold, používají slovo *moment* ve dvojitým významu: jde jak o konkrétní časové údobí, v němž se utvářel zásadně nový vývoj, tak o delší období, v němž se uplatňují důsledky takového vývoje.

Newtonovy vědecké úspěchy ovlivnily umění, literaturu, filozofii, politiku a náboženství stejně hluboce jako každého umělce, spisovatele, filozofa, politika nebo teologa jeho doby. Důvodem byl fakt, že Newtonovy objevy vnesly jasnost a srozumitelnost do éry zmatku a strachu.

Evropa 17. století byla plná hrůz a nepokojů. Téměř každý rok někde vypukl konflikt; jen Anglie zažila mezi lety 1642 a 1651 tři občanské války. Lidé věřili tomu, že svět funguje záhadně, že je řízen okultními silami a tajemnými událostmi. Biblické texty hovořily o tom, že čas měl počátek a bude mít i konec, ale pro vysvětlení přítomnosti toho činily jen málo. Většina lidí dokázala obsáhnout pouze malou část světa, jenž vypadal jako nadpřirozený organismus složený z několika částí. Nejjasnější rozdíl byl mezi nebem a zemí; obě tyto entity se chovaly rozdílně. Zatímco nebeské věci byly věčné a neměnné, pozemské předměty se měnily narozením či smrtí, zvětšováním a zmenšováním, přetvářením do něčeho jiného nebo přesunem na jiné

místo. Z jakého důvodu se měnily? Kvůli okultním silám, aktivaci nějakého vnitřního potenciálu nebo něčímú plánu. Králové a duchovní tvrdili, že znají Boží vůli, ale téměř pro všechny byl svět nezkrotným, nepředvídatelným a až děsivým místem. Králové uplatňovali veškerou moc nad politickými záležitostmi, feudální pánové a kněžstvo pak nad většinou aspektů každodenního života.

Newton, narozený v roce 1642 – tedy v roce první anglické občanské války –, byl osobou, jež pro transformaci tohoto světa učinila nejvíce. Byl darem lidstvu; jeho matka ho porodila o Vánocích, jeho otec – farmář – zemřel několik měsíců předtím. Jako mladík pohrdal Newton hrami a zábavou svých vrstevníků a trávil čas stavbou mechanických předmětů, jako jsou větrné mlýny, vodní hodiny a draci, a četbou knih v knihovně místního lékárníka. V průběhu studia na Trinity College v Cambridgi (1661–1665) si sám osvojil novou filozofii, fyziku a matematiku, kterou se tehdy zabývali učenci po celé Evropě.

V roce 1665 zasáhl Londýn Velký mor, který vyhubil pětinu jeho obyvatel, a Newton se uchýlil na farmu své matky v hrabství Lincolnshire. Nucené volno mu umožnilo bez přerušování studovat; mohl tak dojít k zárodkům mnoha zásadních objevů v oblastech fyziky, astronomie, optiky a matematiky. Zkoumal také mnoho témat dnešními vědci zavrhaných, jako je alchymie či kámen mudrců, a také knihu Zjevení a další biblické texty. Jedním z jeho největších objevů byl integrální a diferenciální počet (kalkulus) neboli matematika změny – přesný popis situací, při nichž přičtení či odečtení části určité veličiny  $x$  (lhostejno jak velké či malé) vede k přičtení či odečtení nějaké jiné veličiny. Newton s využitím kalkulu vytvořil své tři pohybové zákony, základní kámen jeho vidění světa jakožto sjednoceného, otevřeného a pochopitelného, jemuž vládnou zcela předvídatelné síly. Napomohl zvěstování vidění světa jakožto ohromného stroje, který nepotřeboval žádného Boha, aby

mohl dál a dál pracovat, a jehož fungování dokázali porozumět nejen králové a duchovenstvo, ale kdokoli.

Newton jednou skromně, ale nepřítupně podotkl, že stojí na ramenou gigantů. Tato mamutí ramena byla nicméně zčásti lidská, zčásti industriální. Jeho cesta byla dlážděna technologickými pokroky jeho doby: rostoucími znalostmi v oblasti mechaniky, prudkým nárůstem oceňování a využívání matematiky, intenzivnějším vyvíjením a využíváním strojů v hornictví a průmyslu a – díky Galileovi a dalším – doklady mechanického, nikoliv nadpřirozeného uspořádání v nebi, například v chování komet.

V roce 1931 dospěl sovětský fyzik Boris Hessen za využití marxistického přístupu k extrémnímu závěru, že jak Newtonovo stanovisko, tak jeho vědecké ambice byly motivovány historicky. Hessen byl příkladem „externalistického“ přístupu k historii vědy. Externalisté posuzují vědu jako jakékoliv jiné téma zkoumané historiky, jako společenský produkt, výsledek určitého historického a kulturního kontextu. Naproti tomu pro internalisty je hybatelem dějin vědy to, co vědci dělají v laboratořích. Pro internalisty je základní plán přírody již předznamenán, podobně jako omalovánka se sekcemi označenými čísly – úkolem vědců je tak tyto sekce tak říkajíc vymalovat. Pořadí barev a rychlost vybarvení obrázku sice mohou ovlivnit sociální, politické a ekonomické faktory, neovlivňují však strukturu samotného obrázku. To Hessen naprosto odmítal. Svůj dnes proslulý článek „Sociální a hospodářské kořeny Newtonových *Principiů*“ začal Hessen citací Popeova dvojverší jakožto typického příkladu sklonu pojednávat historický pokrok – a to včetně toho vědeckého – jako produkt božské prozřetelnosti nebo osobní geniality. To je špatně, tvrdil Hessen; Marx a Engels prokázali, že běh historie je poháněn rozvojem vztahů a výrobních sil ve službách vládnoucích vrstev. Newtonův program nebyl dán Bohem, ale společenskými silami usilujícími o pokrok v dopravě,

hornictví a vojenství. Takzvaná Hessenova teze tvrdí, že Newton jednal v zájmu buržoazní industrializované společnosti, že rozvinul a zdokonalil její snahy o ovládnutí přírody a vykořisťování dělnické třídy.<sup>5</sup>

Samotného Hessena dostihly společenské síly jeho vlastního času a prostoru, a výsledek byl mnohem zlověstnější. Pět let po vydání článku byl zatčen sovětskou tajnou policií, obviněn z terorismu, souzen, odsouzen a pět dní před Vánoci roku 1936 zastřelen.

Newtonovo vrcholné dílo *Matematické základy přírodní filosofie* (1687), obecně známé jako *Principia*, změnilo svět, ať už byly jeho počátky i cíle jakékoliv. Jde o nejvlivnější vědecké dílo všech dob, jež jako vůbec první objasňuje zákony pohybu a všeobecnou gravitační přitažlivost. Svět vykreslený Newtonem bereme jako samozřejmost, což se však netýkalo mnoha jeho souputníků. Pro některé bylo těžké si jej představit, připadal jim až nesmyslný. Země a nebe jsou samozřejmě rozdílná místa! Jak by Slunce mohlo pohybovat planetami vzdálenými miliony mil – co by je tlačilo a táhlo? Proč Newton nezkoumal vnitřní příčiny a mechanické pružiny ovládající vesmír? Newton řekl, že pro takové věci hypotézy vymýšlet nebude, že se bude zabývat jen matematikou – ale to je nevědecké! Jak poznamenal Feingold v katalogu výstavy, předtím, „než byla možná konverze k newtonismu, byl nutný dlouhý proces asimilace“.<sup>6</sup> Ale jakmile lidé v „Newtonsku“ zdomácněli, ovlivnila Newtonova práce každé zákoutí lidského života a kultury a důsledky přetrvávaly dlouho po jeho smrti.<sup>7</sup>

Z jeho práce se zrodil historický „moment“, přetvořila konflikty minulosti v nové možnosti do budoucna.<sup>8</sup> Přinesla bod obratu, který znamenal posun kulturního paradigmatu, jenž změnil vše, co lidé vědí a dělají, a jak si vykládají to, co zažívají.

Díky své jednoduchosti, eleganci a srozumitelnosti byl newtonovský svět uklidňující a krásný. Země a nebe nebyly

oddělenými místy vytvořenými z odlišných látek, ale součástmi *univerza*, vesmíru, jehož prostor, čas a zákony jsou jediné a jednotné, ve všech měřítcích stejné. Tento vesmír je také homogenní; nevládnou mu duchové ani přízraky, nepředvídatelně se zjevující a zase mizející; každá věc má odlišnou identitu a nachází se v konkrétním prostoru a konkrétním čase. Věci se nemění tím, že by naplnily nebo zintenzivnily své bytí. Svět je jako kosmické jeviště nebo kulečnickový stůl, na němž jsou věci tlačeny a taženy silami. Celý vesmír je prakticky stejný a souvislý, všechny směry srovnatelné, všechny události mají svou příčinu. Pochopit, jak a proč se věci mění, znamená pochopit, jak a proč se ony nebo jejich části pohybují. Poprvé v dějinách vnímali lidé svět jako místo, kterému je vlastní opravdová jednota a soudržnost – a dokonce logika!

Newtonovský svět byl taktéž jistý a předvídatelný – nejslavnější formulace těchto vlastností pochází od francouzského matematika a astronoma Pierre-Simona Laplace (1749–1827):

Potom bychom měli považovat současný stav vesmíru za důsledek jeho stavu předchozího a příčinu toho, co bude následovat. Pokud by existovala intelligence, jež by dokázala rozumět všem silám oživujícím přírodu a příslušné situaci bytostí, které ji tvoří – intelligence natolik obrovská, aby tyto údaje mohla podrobit analýze –, využívala by stejné vzorce pro pohyby největších těles vesmíru i nejlehčích atomů; proto by nic nebylo nejisté a budoucnost by stejně jako minulost byla jejím očím přítomností.<sup>9</sup>

V průběhu newtonovského momentu představoval takový intelekt pro vědce ideál vědění; k pochopení tohoto světa nebylo třeba žádného ezoterického poznání ani svrchované autority. Lidé si dokázali představit věci, jež se děly kdekoli ve vesmíru a v jakémkoliv měřítku, stejně jako si je představovali v měřítku našem. Mohli jste si vyrobit model pohybů sluneční soustavy z míček a tyčiček; po zrodu teorie atomů stovky let po Newtonově smrti jste totéž mohli



provést s atomy a molekulami. Všechny mechanické modely mohly být vyjádřeny matematicky. „Nejsem nikdy spokojen, dokud nedokážu sestavit mechanický model zkoumaného jevu,“ řekl britský vědec lord Kelvin. „Pokud dokážu sestavit mechanický model, dokážu tomu porozumět. Pokud nedokážu sestavit zevrubný mechanický model, nechápu to.“<sup>10</sup> Matematicky mohly být zachyceny i zákony pohybu. Například přitažlivá gravitační síla mezi dvěma tělesy je dána jediným vyjádřením: konstanta násobená součinem hmotností těles děleno druhou mocninou vzdálenosti mezi nimi. Toto matematické vyjádření platí nezávisle na tom, jaká jsou to tělesa a kde a jak daleko od sebe se nacházejí. Porozumění těmto zákonům nám umožňuje posílat lidi na Měsíc a vesmírné lodě až k hranicím sluneční soustavy.

A konečně, newtonovský svět lze pochopit bez ohledu na lidské konání. Pro Aristotela vyžadovalo vysvětlení pohybu znalost mechanických tlaků a tahů, ale také odpověď na otázku „proč“ u probíhajících jevů: jaké jsou lidské záměry a cíle. Proč se ten vozík na cestě pohybuje? Částečně proto, že ho táhne kůň a cesta mu odolává, ale také proto, že obchodník potřeboval prodat zboží na trhu, aby zaopatřil svou rodinu, tak do vozíku zapřáhl koně atd. Pro Newtona se však pohyb vozíku dal vysvětlit výhradně pomocí sil a hmotností, bez odkazování na lidský pohyb – a pokud byly ve hře i lidské pohyby, byly také v konečném důsledku vysvětleny mechanickými tlaky a tahy. Newtonovský svět je jevištěm, na kterém se pohybují jen hmotné věci a pohybují jimi jen síly. Můžeme jej studovat jako obsah akvária: zvenku, aniž bychom obsah narušovali, jako bychom my zkoumající byli odděleni od toho, co zkoumáme. Měření sice může narušovat měřené, ale toto narušení lze předpokládat a v principu zredukovat na jakékoliv nezbytné minimum. Vědci se mohou „vyjmout“ ze svých měření, oddělit se od získaných znalostí. Newtonovský moment je označení éry, v níž mohli vědci spokojeně zkoumat zákony

přírody mechanicky a matematicky, aniž by se odvolávali na nějaké svrchované účely, plány nebo záměry.

Historičky Betty Dobbsová a Margaret Jacobová píší, že newtonovský moment ustanovil „materiální a myšlenkový svět – průmyslový a vědecký –, v němž nyní žije většina obyvatel Západu i lidé v dalších oblastech, svět výstižně popsán jako modernost“.<sup>11</sup> Zároveň postupně oslabil pověřivost – víru ve zvláštní, animistické síly a mocnosti. Přidělil také novou roli Bohu. Newton jako věřící člověk předpokládal, že si jeho vesmír podobný stroji žádá nadřazeného zákonodárce a že jeho popis jednoty, plánu a racionality světa podnítl v lidech větší víru v Boha. Dopad to však mělo zcela opačný. Jeho popis pravidelného, mechanického fungování vesmíru odvrátil pozornost od tvůrce k zákonům. Bůh sám se zdál svázaný svými vlastními zákony, jako stavitel strojů, jehož přítomnost začala být nadbytečná ve chvíli, kdy bylo jeho dílo uvedeno do provozu. Fakt, že všechny otázky po příčinách jevů měly mechanické a matematické odpovědi, zaháněl zbožné věřící do úzkých.

Přesto měl Newton velký a rozhodující vliv na téměř všechny aspekty kultury, od literatury a hudby po politologii, filozofii a teologii.<sup>12</sup>

Newtonovy výsledky ovlivnily politologii, neboť upřednostňovaly stabilní politický řád a moderní myšlenku demokracie a oslabovaly argumenty pro absolutismus. Politickým myslitelům dodaly odvalu k tomu, aby usilovali o zákony vládnoucí světu lidí stejně, jako Newton usiloval o zákony vládnoucí světu fyziky.<sup>13</sup> John Desaguliers, jeden z Newtonových pomocníků, napsal báseň „Newtonovský systém světa je nejlepším modelem vládnutí“, v níž vychvaloval uspořádanou sluneční soustavu jakožto model pro vládu. Newtona četli i všichni otcové zakladatelé Spojených států amerických a opírali se o něj ve svých spisech o lidských záležitostech. Když Thomas Jefferson ve vůbec prvním řádku Deklarace nezávislosti mluvil o „zákonech

přírody“, měl jistě na mysli Newtonovu práci. Politologové inspirovaní Newtonem jsou podle charakteristiky amerického filozofa Richarda Rortyho ti, kteří „stavějí sociální reformy na tom, jací jsou lidé – ne na poznání toho, jací jsou Řekové, Francouzi nebo Číňané, ale poznání lidstva jako takového“.<sup>14</sup>

Newtonovo dílo zároveň pověřilo novým úkolem filozofy. Mnoho z nich si všimlo, že toto dílo staví na určitých myšlenkách – jako je nekonečně rozšiřitelný a dělitelný prostor a čas a univerzální kauzalita –, jež na jedné straně nejsou tak zjevně pravdivé jako matematické pravdy a na straně druhé nejde o věci přímo zažívané. Proč se tedy tyto myšlenky zdají být tak pevně zakořeněné? Německý filozof Immanuel Kant ukázal, že takové myšlenky jsou podmínkami samotné zkušenosti, bez níž by nebyla možná existence lidského vědomí. Jsou součástmi našeho myšlenkového softwaru, který třídí data získaná smysly způsobem, jež naši zkušenosti dodává řád a soudržnost a Newtonovým zákonům jejich platnost. Stejně jako Newton prohlásil, že by se neodvážil vyslovovat hypotézy o vnitřních příčinách záležitostí typu gravitace, prohlásil Kant, že by se neodvážil vyslovovat hypotézy o tom, jaké jsou věci o sobě, mimo naši zkušenost, jež nazýval númena jakožto protiklad fenoménů (jevů).

Básníky, malíře a další umělce Newtonovo dílo buďto inspirovalo, nebo dráždilo. Romantičtí básníci se dělili na ty, kteří společně s anglickým básníkem Johnem Keatsem věřili, že vysvětlením lomu světla „byla duha oloupena o své tajemství“, a na ty, kteří společně s jeho krajanem, básníkem Jamesem Thomsonem věřili, že se člověk může naučit vidět duhy a západy slunce „newtonovským očima“ a „vyhlásit, jak správný, jak krásný je ten zákon lomu“.

A konečně, Newton si svými úspěchy získal až kultický obdiv veřejnosti; té totiž poskytl vhled do fungování vesmíru, jenž byl do té doby vyhrazen náboženským představitelům a mystikům. O jeho díle se debatovalo nejen při

kázáních, ale také ve skupinách světských učenců i mezi obyčejnými lidmi.<sup>15</sup>

Newtonův vliv je patrný v každém aspektu moderního života, a to jak vědecky, tak kulturně vzato. Je očividný v tachometrech, gravimetrech, výškoměrech a dalších nástrojích měřících průběžně se měnící veličinu. Na předměstí anglického města Cambridge se hned vedle kadeřnictví Lyndsey McDermottové na Castle Street nachází hospoda nazvaná Sir Isaac Newton. Normální lokál s běžným sortimentem piv, který také nabízí nijak mimořádný výběr jídla. Proč se jmenuje právě takhle? Štamgasti na vás budou pravděpodobně bez výrazu zírat a mumlat něco o významu a historii Británie nebo o tom, kterak se Newtonovi dostalo vzdělání na místní univerzitě. Název hospody nám ovšem také připomíná, že Newton je stále popkulturní ikonou. (Další takové připomínky najdete na stránce anglické Wikipedie s názvem „Isaac Newton in popular culture.“) Newtonovo jméno dostal katalog on-line přednášek knihovny cambridgeské univerzity, jednotka síly a teplotní stupnice, počítačový operační systém nebo rentgenová observatoř na oběžné dráze.

Trvalý vliv Newtonova díla souvisí s tím, že toto dílo poskytuje vědecký rámec odpovídající tomu, jak se vyvinula naše smyslová ústrojí. Jsme uzpůsobeni světu, v němž se vyplácí předpoklad kontinuity; doplňujeme si ji i tam, kde ji ve skutečnosti nevidíme. Kouzelníci to vědí a nazývají to zákon dobré křivky či zákon kontinuity.<sup>16</sup> Díky tomu nás mohou ošálit, když uspořádají věci tak, abychom viděli akci nebo událost, která se ve skutečnosti nestala. Jinými slovy, kouzelníci falšují uspořádání, jehož existenci v našem prostředí na newtonovském základě předpokládáme. Newtonovský moment však tento princip neustanovil – ten existoval již před ním –, ale poskytl pro něj vědecké základy. V kvantovém světě by to kouzelníci měli složitě. Britský biolog Richard Dawkins napsal: „Náš mozek se vyvinul tak,

aby nám pomohl přežít v rámci takových velikostí a rychlostí, v nichž fungují naše těla.“ Toto je oblast, ve které se cítíme bezpečně; nazývá ji „střední svět... zúžený rozsah reality, který hodnotíme jako normální v protikladu k podivnostem velice malého, velice velkého a velice rychlého“.<sup>17</sup>

Newtonovo dílo vymezilo pravidla, s jejichž pomocí se intuitivně orientujeme v přirozeném světě, a podpořilo předpoklad, že lidský svět je řízen také kauzalitou, konzistencí a kontinuitou – předpoklad, který později měl mít velký dopad na umění, literaturu a filozofii. Podobné předpoklady utvářejí očekávání autorů i čtenářů románových děl; díky nim tuší, jak se budou rozvíjet interakce zobrazovaných románových hrdinů; samotný román je literární formou, která se začíná objevovat v průběhu Newtonova života. Jistě, reálné životy většiny lidí byly všechno, jen ne bezproblémové, souvislé a ovládané zákony – nicméně newtonovská vize vesmíru nabízela model, který lidi podněcoval, aby na své životy nazírali, jako by takové v podstatě byly.

Stručně řečeno, Newtonovo dílo ovlivnilo lidský život téměř ve všech jeho aspektech a pomohlo lidstvu najít odpovědi na tři základní filozofické otázky podle Kanta: Co můžeme poznat? Jak máme jednat? V co můžeme doufat? Newtonovský moment má dokonce i jeden nehmatatelný, duchovní rozměr, formulovaný filozofem německého původu Rudolfem Carnapem a jeho kolegy v manifestu logického pozitivismu nazvaném „Vědecké pojetí světa“. Tento manifest byl sepsán krátce po kvantové revoluci (1929), kdy ještě nebylo jasné, do jaké míry její kulturní vliv podryje newtonovský duch manifestu; duch tohoto dokumentu totiž jednoznačně newtonovský je. Vědecká koncepce světa, napsali pozitivističtí filozofové, není ani tak souborem tezí jako spíše postojem a směrem. „Cílem, který jsme si stanovili, je *sjednocená věda*,“ napsali, z níž „pramení hledání neutrálního systému vzorců, symbolů osvobozených od nánosů historických jazyků, a také hledání uceleného systému

pojmu.“ To je více než vědecký cíl, pokračují, a naznačují, že racionální člověk by měl mít určité postoje a chování:

Usiluje se o preciznost a jasnost, zavrhuje se temné vzdálenosti a nevyzpytatelné hlubiny. Ve vědě neexistují žádné „hlubiny“; je v ní všude jen hladina: veškerá zkušenost tvoří komplexní síť, jež nemůže být vždy zmapována a často může být uchopena jen po částech. Člověku je vše dostupné; a mírou všech věcí je člověk... vědecké pojetí světa nezná *žádnou neřešitelnou hádanku*.<sup>18</sup>

Duch tohoto pozitivistického manifestu je pravděpodobně vyvrcholením newtonovského momentu.

### Kvantový útok ze zálohy

Newtonovský moment trval asi 250 let. A pak, v roce 1900, byl „přepaden ze zálohy“. V průběhu studia zdánlivě odlehlého kouta optiky fyzikové zjistili, že pozorované jevy mohou vysvětlit pouze zavedením zcela novátorského pojmu: kvanta. Pojem to byl zdánlivě prostý, ale jak se nakonec ukázalo, zcela rozbil základy newtonovského světa.

Útok se odvíjel ve dvou fázích. V rámci té první, probíhající mezi lety 1900 a 1925, vědci postupně dospěli k pochopení, že kvantum do newtonovského světa tak hladce nezapadá a je v rozporu s dosavadními předpoklady o prostoru, čase a kauzalitě. Mnoho jich však doufalo, že se jim jejich neukázněně dítě podaří zkrotit a že mu najdou jeho místo v elegantním newtonovském vesmíru, stejně jako už od vydání *Principií* našli umístění pro mnoho jiných jevů. V průběhu tohoto období vnímala veřejnost kvantovou teorii podobně jako teorii relativity; jako strašně důležitou oblast, avšak nesrozumitelnou všem kromě nejbystřejších vědeckých hlav, které velice vzrušila, ale důvody jejich vzrušení jsou příliš komplikované, než aby je laik pochopil.

Později už bylo všechno jinak. V neuvěřitelně krátkém čase, mezi lety 1925 a 1927, byly veškeré naděje na zkrocení kvanta zmařeny novou teorií se základy zcela odlišnými od základů klasické fyziky, a jejím vrcholem byl princip neurčitosti. Kvantová mechanika, jak se tato druhá revoluce nazývala, vysvětlovala jevy, které newtonovská mechanika vysvětlit nedokázala, a přinesla odpověď na nepřehledné množství otázek typu „jak svítí slunce“ či jaké jsou vzájemné poměry mezi atomy. Nahradila newtonovskou fyziku ve funkci teorie popisující mikroskopickou sféru. Ve druhé fázi historie kvanta už se dalo hovořit o kvantovém „světě“, protikladném světu newtonovskému, jako by šlo o různé oblasti ovládané různými zákony. Nová oblast byla v porovnání s tou Newtonovou exotická, ba dokonce zázračná. Chyběla jí však jednoduchost a elegance, a to kvůli několika znepokojujícím rysům. Tím prvním byla odlišnost v různých měřících: na měřítku záleží, neboť pro mikrosvět a makrosvět platí různé zákony. Dalším byla nehomogenita: některé jevy ve světě mají jiný druh existence než jevy jiné. Třetím byla nespojitost: hodnoty vlastností, jako je prostor nebo čas, nerostou a neklesají tak plynule jako u Newtona. Čtvrtým byla neurčitost: některé vlastnosti Newtonova vesmíru, jako třeba poloha a hybnost, nemohly být stanoveny současně a dokonce o nich nebylo možné prohlásit, že jsou reálné. Pátým byla nepředvídatelnost, a šestým nemožnost vyjmout z určitých typů měření sebe sama: existence jistých vlastností jevů mikrosvěta byla evidentně závislá na jejich měření – což rozkládalo klasickou koncepci objektivitu, a sice že všechny vlastnosti mají pevně dané hodnoty nezávisle na tom, zda jsou nebo nejsou měřeny. Vědci tedy zjistili, že nemohou oddělit sebe sama od celkového souhrnu znalostí.

Objev principu neurčitosti roku 1927 zničil poslední zbytky nadějí na návrat k deterministickému newtonovskému světu. Z tohoto principu, základního stavebního

kamene kvantové mechaniky, vyplývalo, že není možné znát zároveň polohu i hybnost částice. To znamenalo, že Newton Williama Blakea nemohl o nádherném moři Přírody, k němuž byl obrácen zády, zjistit vše, co považoval za zjistitelné. Znamenalo to, že Laplaceova vševedoucí, ideální inteligence by si ani neškrtla. Tento princip navíc pomohl změnit významy mnoha slov, mimo jiné *neurčitosti*, *náhodnosti*, *možnosti*, *příčiny* a *pravděpodobnosti*.<sup>19</sup> Pár vědců, z nichž nejznámějším byl Einstein, to odmítalo a tvrdohlavě doufalo v obnovení newtonovského světa. Někteří vědci se probíhající události pokoušeli vysvětlit jazykem přístupným pro laiky – takové popularizace veřejnost fascinovaly. Tak se toto úsilí rozšířilo daleko za hranice fyziky, kde započalo, do neustále se rozšiřujících sfér kultury. Filozofové, umělci, romanopisci a básníci si brzy osvojili kvantové termíny a koncepty, jež se začaly objevovat dokonce i v běžném jazyce. Formy kultury žijící z newtonovského momentu byly ohroženy a otevřely se cesty pro vývoj forem nových.

Co ale kvantový svět znamenal? Byl jako dříve nezaznamenaná oblast v nějakém neprozkoumaném pohoří, kterou stojí za to poznat, už kvůli místní rozlehle krajině a bizarním stvořením, ale která měla minimální dopad na náš vlastní svět? Byl jako navázání kontaktu s mimozemskou civilizací v nějaké vzdálené galaxii, které nezbytně změní to, jak my lidé přemýšlíme o sobě a své pozici ve vesmíru? Či měla Kvantová země, která koneckonců leží v samotných základech světa, ještě hlubší důsledky pro to, co vnímáme jako racionální a iracionální, reálné a nereálné?

I po celém tom čase je kvantový moment nejistější a nestabilnější než newtonovský moment, jehož je nástupcem, a jeho podobu se dosud snažíme pochopit. Lidé se ještě nestali „kvantovými domorodci“. I po sto letech zůstáváme v Kvantové zemi přistěhovalci, kteří usilují o poznání tohoto zvláštního a komplikovaného světa a pochopení



jeho důsledků. Kvantová mechanika nás přitahuje, neboť se zdá, že hovoří o obtížích, na které často narážíme, když popisujeme své vlastní zkušenosti. Kvantová mechanika je zvláštní, stejně jako my.

„Kvantové mechanice nerozumí nikdo,“ prohlásil proslulý fyzik Richard Feynman. Jako vždy se snažil provokovat; jeho komentář však podtrhuje pověstnou složitost a neintuitivní povahu tohoto tématu. Proč je to tak složité?

Jedna z možných odpovědí zní: nemůžeme se stát domorodci. Evoluce nás uzpůsobila k přemýšlení a jednání ve světě, jehož rozměry a časová měřítka jsou newtonovské, a kvantové jevy v něm nejsou bezprostředně patrné. Tomuto světu jsme se přizpůsobili jako druh, dospěli v něm jako jednotlivci a jsme v něm myšlenkově zakotveni tím, jak naše myšlení zpracovává zkušenosti. Z tohoto pohledu odděluje klasický a kvantový svět nepřekonatelná propast, takže ten druhý pro nás bude vždy exotický a nesrozumitelný. Poznávání kvantového světa nám přináší podobný požitek jako kouzelnické vystoupení, při němž nás baví nesoulad mezi tím, co očekáváme, a tím, co se děje. To uchvácení nikdy nevyprchá.

Je však ještě jedna možnost: že ta podivnost nepramení z kvantového světa, nýbrž z nás. Věci jsou zvláštní pouze v protikladu ke známému. Kdyby se ukázalo, že to, co považujeme za známé, je pouhou fantazií a vychází z mylných předpokladů – pokud by náš svět byl podivnější, než si myslíme –, pak by nám kvantový svět, který stavíme proti němu, nepřipadal tak bizarní. Blakeův Newton by nemusel být tak překvapen nejnovějším vývojem událostí, pokud by byl často vstával, odvrátil oči od svého svítku a bral ohled i na své zkušenosti. Naše snaha o poznání kvantového světa by mohla skončit jakýmsi obráceným závěrem *Čaroděje ze země Oz*, kdy bychom zjistili, že to, co považujeme za domov, byl jenom sen, a že náš svět byl vždycky tak trochu jako země Oz. Pak bychom se stali domorodci.

Mezihra

## Velkolepý plán

---

Newton „je naším Kolumbem“, napsal Voltaire, neboť „nás dovedl do nového světa“.<sup>20</sup> Je to zvláštní druh světa, jakási na minimum zredukovaná verze toho našeho. Nacházejí se v něm jen tělesa, ta dělají jen to, že se pohybují, a jejich pohyb mohou způsobit anebo zastavit jen nějaké síly. A přece Newton ukázal, že tyto nejzákladnější předpoklady utvářejí vizi vesmíru, která je tak jednoduchá, elegantní a ucelená, že je nazývána „Velkolepý plán“.<sup>21</sup>

Tento Velkolepý plán nám Newton ukázal ve svých *Principiích*. Jeho základními pojmy jsou síla, hmotnost tělesa a rychlost. Každé těleso má v konkrétním čase konkrétní polohu. Pohybuje-li se, pak se míra změny jeho polohy ve vztahu k času nazývá rychlost. Mění-li se rychlost, míra změny této rychlosti ve vztahu k času se nazývá zrychlení. Když tělesa zrychlují, činí tak z důvodu působení sil. Tyto síly vznikají interakcemi mezi tělesy, a to buďto jejich fyzickým kontaktem, nebo přitažlivostí či odpuzováním. *Principia* objasňují tři pohybové zákony, které jsou – v rámci Velkolepého plánu – považovány za platné v celém vesmíru, ve všech měřítcích a ve všech oblastech:

**PRVNÍ ZÁKON:** Těleso, na něž nepůsobí síla, setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. Jestliže se těleso začne hýbat nebo změní svůj rovnoměrný přímočarý pohyb, pak na ně působí síla.

**DRUHÝ ZÁKON:** Zrychlení tělesa je úměrné síle, která na ně působí, a má stejný směr. V *Principiích* to Newton vyjádřil

slovy. Ta byla teprve o sto let později zredukována na symboly a zapsána do podoby nyní dobře známé rovnice  $F = ma$ .

**TŘETÍ ZÁKON:** Třetí zákon se soustředí na interakci mezi tělesy, a říká, že každá akce má svou reakci. Jak to vyjádřil Newton, „proti každé akci vždy působí opačná reakce; jinými slovy: vzájemná působení dvou těles jsou vždy stejně velká a mají opačný směr“. Když tedy kůň táhne kámen uvázaný na laně, pokračuje Newton, je tažen zpět ke koni do stejné míry, jako je kámen tažen směrem ke koni.

Předpověď budoucího pohybu tělesa nebo odvození jeho dřívější polohy vyžaduje nalezení pravidla, jak z těchto tří zákonů vypočítat jeho rychlost – tedy tempo, v němž se mění poloha tohoto tělesa – v kterémkoliv čase. Je-li dána tato rychlost, pak lze vypočítat, jak daleko se daný objekt pohne v libovolném časovém intervalu. Tato vzdálenost je jednoduše násobek délky onoho intervalu a průměrné rychlosti v průběhu tohoto intervalu. Pro stanovení rychlosti zavedla newtonovská mechanika další veličinu, hybnost; která je dána hmotností tělesa násobenou rychlostí. Čím těžší je těleso, tím obtížněji mění svou rychlost působením síly. Průměrná síla působící v určitém časovém intervalu násobená trváním tohoto časového intervalu udává změnu hybnosti v průběhu tohoto intervalu. Pro předpověď všech pohybů tudíž člověk potřebuje znát polohy a rychlosti všech těles v daném čase, a také vzájemné síly působící mezi těmito tělesy (jakožto funkce pouze oněch poloh a rychlostí) v libovolném čase.

Newton stanovil také čtvrtý zákon pohybu – GRAVITAČNÍ ZÁKON –, který řídí fyzikální sílu (přitažlivost) mezi tělesy. Tato síla je dána jediným výrazem: konstantou násobenou součinem hmotností těles děleným druhou mocninou vzdálenosti mezi nimi:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Toto vyjádření platí nezávisle na tom, jaká jsou to tělesa a kde a jak daleko od sebe se nacházejí.

V rámci newtonovské či klasické mechaniky jsou tyto předpoklady rozpracovány v různých formách, aby platily za mnoha různých okolností – pro tělesa, jež jsou pevná, kapalná či plynná; pro kruhová, rotační a vibrující tělesa; pro pohyby střel, kyvadel a vln; pro komplexní systémy mnoha těles. Aplikovány byly na atomy i galaxie. Newtonovská mechanika poskytla metodu, jak příslušné pohyby matematicky postihnout, bez ohledu na to, jak jsou jednoduché či složité.

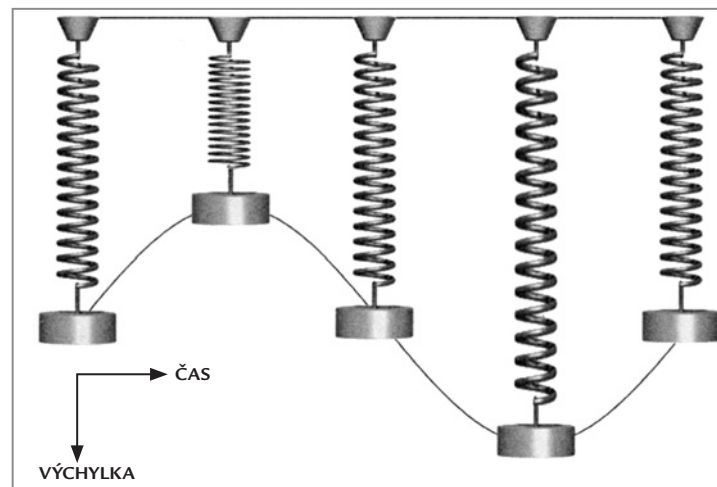
Newtonovský moment zdůrazňoval kontinuitu přírody, byť čas od času se mezi vědci našlo pár odpadlíků, kteří tvrdili, že v samotném srdci přírody se nachází diskontinuita a chaos. Newton – a jeho úhlavní protivník Leibniz, jenž zhruba ve stejné době přišel se stejnou myšlenkou – vytvořil diferenciální a integrální počet (kalkulus), nejdůležitější matematický nástroj newtonovského světa, založený na představě nesmírně malých veličin. Předpokládal, že příroda, na niž tento nástroj uplatňoval, se chová stejně. „Natura non facit saltus,“ prohlásil Newton a užil tak starého rčení, které znamená „Příroda nedělá skoky“. Kdyby se v ní skoky vyskytovaly, pak by záleželo na měřítku, což by uplatnění kalkulu omezovalo a s ním i záběr klasické mechaniky.

Newtonovský svět je strohý, abstraktní svět, zcela postrádající lidské zájmy a svérázné projevy. Je to svět, v němž jsou všechny lustry, visuté hrazdy a houpačky kyvadly, veškerý sport a tanec projevem vztahu  $F = ma$ , všechny míče pružné a všechna letadla létají donekonečna. Nezáleží na tom, kde se v tomto světě pohybujete – dokonce ani na tom, zda vyrostete nebo se zmenšíte –, zákony jsou stále stejné. Pokud chcete zjistit, co se v tomto světě stalo nebo stane, uděláte následující: stanovíte polohy, rychlosti, hmotnosti a síly; aplikujete příslušné zákony; a spustíte mašinerii diferenciálního a integrálního počtu. Tato mašinerie závisí na

speciálním nástroji zvaném diferenciální rovnice, které jsou jednoduchým způsobem, jak stanovit vztah mezi neustále se měnícími vlastnostmi, jako například (v newtonovském světě) mezi rychlostí a polohou či silou a hybností. V tomto jazyce je malá změna v  $x$  neboli poloze vyjádřena symbolem  $dx$  a malá změna v čase čili  $t$  je vyjádřena  $dt$ , přičemž se změny limitně blíží nule. Výrok, že rychlost je míra změny polohy vzhledem k času se tedy zapíše  $v = dx/dt$ . Obdobně je účinek síly způsobující zrychlení dán vzorcem  $F = dp/dt$ , přičemž hybnost  $p = mv$ . Mimořádně jednoduchým a důležitým ideálním příkladem je systém hmotného bodu zavěšeného na lehké pružině tak, aby veškerá setrvačnost mohla být připsána onomu bodu:  $dx/dt = v$ ,  $dp/dt = -kx$ , kde  $k$  vyjadřuje pružnost materiálu: udává úměrnost mezi posunem hmotného bodu z rovnovážného bodu a silou pružiny, která tomuto posunu brání.

Tento model se nazývá ideální pružina (nebo hookeovská pružina, pojmenovaného po Newtonově největším nepříteli, Robertu Hookeovi), neboť každá reálná pružina se natáhne jen do určité míry, načež síla obnovující původní stav zeslábně a již neroste úměrně protažení. Navíc se u reálné pružiny předpokládá jistá míra tření. Ideální pružina je nicméně často dobrým přiblížením, a její řešení – protože její pohyb odpovídá průmětu rovnoměrného pohybu po kružnici na jednu osu souřadnic – je důmyslně prosté: protažení se mění v čase jako trigonometrická funkce, sinus úhlu úměrného času, jenž uplynul od okamžiku, kdy měla pružina nulovou délku.

V průběhu staletí, která uplynula od *Principií*, objevili vědci množství nových fenoménů, které bylo třeba zapracovat do Velkolepého plánu. Jedním z nich byla elektrina. Francouzský vědec Charles Coulomb a další studovali elektrickou přitažlivost a odpudivost nápodobou Newtonova univerzálního gravitačního zákona. Zjistili, že síla působící mezi dvěma elektrickými náboji nebo dvěma magnetickými



Hookeovská pružina ilustrující sinusový pohyb hmotného bodu zavěšeného na ideální (nehmotné) pružině.

póly je přímo úměrná součinu nábojů a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti mezi nimi. Avšak zatímco veškerá hmota má kladný náboj, elektrické náboje či póly mohou být jak kladné, tak záporné – což znamená, že zatímco všechna tělesa se gravitačně přitahují, stejné náboje či póly se odpuzují a nesterajně přitahují. Koncept pole – tedy veličiny, která má konkrétní hodnotu pro každý bod v prostoru a čase – tak nesmírně rozšířil působnost newtonovské mechaniky. Dalším vědcům se pak podařilo ukázat, že proudy elektrického náboje vytvářejí magnetické pole obklopující vodič a že změna magnetických polí vyvolává elektrické pole, a vytvořili tak vazbu mezi elektrinou a magnetismem. Britský vědec James Clerk Maxwell zjistil, že změna elektrických polí taktéž vyvolává magnetická pole. Když si pak spojil vše, co tehdy bylo známo o novém fenoménu zvaném elektromagnetismus, došel k ohromujícímu výsledku: světlo není ničím jiným než vlněním elektromagnetického

pole! Veškerý tento vývoj dobře zapadá do newtonovské mechaniky, se silami určujícími, jak silně hmotné těleso zrychluje, neboli mění svou rychlost. Všechny tyto nové jevy bez obtíží zapadnou do Velkolepého plánu a dají se popsat diferenciálními rovnicemi.

Nešlo o zcela mechanistický vesmír; vědci ve světě zaznamenali chování, které se zdálo být náhodné. Odborníci studující oblasti typu geologie, termodynamiky nebo chování plynů vyvinuli metody, jak se vypořádat s nevratnými ději, a statistické nástroje pro vypořádání se s neurčitostí.<sup>22</sup> To se však týkalo spíše něčeho, co filozofové nazývají epistemologickou nejistotou – nejistotou v tom, co vlastně víme o studovaných předmětech –, a ne ontologické nejistoty čili neurčitosti v samotné přírodě. Jak to s newtonovskou sebejistotou vyjádřil Laplace: „Pojem ‚náhoda‘ je potom jen vyjádřením naší neznalosti příčin jevů, u nichž pozorujeme, jak se objevují a navazují jeden na druhý bez viditelného řádu.“<sup>23</sup>

Když se roku 1900 objevilo kvantum, došlo k tomu v newtonovském teritoriu; objeveno bylo jedině proto, že vysvětlovalo odchylku od newtonovských očekávání, pokud jde o chování světla za jistých zvláštních okolností. Kvantový svět mohl být nalezen jedině uvnitř světa newtonovského. Vědci chvíli napevno počítali s tím, že i on se dá nějak zapracovat do Velkolepého plánu, stejně jako každý jiný jev, jehož se do té doby dopátrali. Ale čekal je šok.