

# ÚVOD

Věda nashromáždila impozantní soubor argumentů, proč prohlásit čas za iluzi. Právě proto jsou důsledky přijetí času jako skutečného tak převratné.

Argumentace fyziků proti skutečnosti času se v jádru opírá o samotné chápání pojmu fyzikálního zákona. Podle tohoto převládajícího názoru se vše, co se ve vesmíru děje, řídí zákonem, který přesně nařizuje, jak se budoucí vyvíjí z přítomného. Tento zákon je absolutní, a jakmile jsou udány současné podmínky, neexistuje žádná nejistota v tom, jak se bude budoucnost vyvíjet.

Jak říká Thomasina, předčasně vyzrálá hrdinka ze hry Toma Stopparda *Arkádie*, svému domácímu učiteli: „Pokud byste mohl zastavit každý atom ve své pozici a směru a pokud by vaše mysl dokázala porozumět všem činnostem tím zastaveným, tak pokud byste byl navíc opravdu, ale opravdu dobrý v matematice, tak byste mohl napsat předpis pro celou budoucnost; a i když nikdo nemůže být tak chytrý, aby to zvládl, takový předpis musí existovat úplně stejně, jako kdyby někdo tak chytrý být mohl.“

Býval jsem přesvědčen, že mou úlohou jakožto teoretického fyzika je takový předpis najít. Nyní ale chápu svou víru v jeho existenci jako podloženou spíš mysticky než vědecky.

Kdyby psal Stoppard dialog postav ze současnosti, vložil by Thomasině do úst, že vesmír je jako počítač a fyzikální zákony že jsou program. Když vložíte do počítače současnou polohu všech částic ve vesmíru, počítač náležitou dobu poběží a vrátí vám na výstupu údaje o poloze všech elementárních částic v nějakém budoucím čase. Podle tohoto pohledu se vlastně v přírodě neděje nic kromě přeskupování částic podle neměnných nadčasových zákonů, takže budoucnost je úplně předurčena přítomností, stejně jako byla přítomnost již předurčena minulostí.

Tento pohled snižuje význam času v mnoha ohledech.<sup>1</sup> Nemůže v něm totiž existovat žádné překvapení, žádné zcela nové jevy, protože vše, co se děje, je jen přeskupování atomů. Vlastnosti samotných atomů jsou bezčasé stejně jako zákony, které jim vládnou – nic z toho se nikdy nemění. Každá charakteristika

budoucího světa se dá vypočítat ze současné konfigurace. Takže plynutí času můžeme nahradit výpočtem, což znamená, že budoucnost je logickým důsledkem přítomnosti.

Jak vyložím v kapitole 6, Einsteinovy teorie relativity přinášejí ještě silnější argumenty, proč čas není při fundamentálním popisu světa podstatný. Z relativity plyne, že celá historie světa je bezčasý celek a že pojmy jako přítomnost, budoucnost i minulost mají smysl jen pro subjektivní lidské vnímání. Čas je jen další rozměr vedle prostorových a náš dojem uplývajících okamžiků, je jen iluze, za kterou se skrývá bezčasá realita.

Tyto závěry mohou působit děsivě na každého, v jehož světonázoru je místo pro svobodnou vůli nebo možnost lidstva měnit svůj osud. Do podobných sporů se tu však nebudu pouštět, má obhajoba skutečnosti času se opírá pouze o vědu. Mojí úlohou bude vysvětlit, proč jsou obvyklé argumenty ve prospěch předurčené budoucnosti z vědeckého hlediska nesprávné.

V první části této knihy představím vědeckou obhajobu myšlenky, že čas je iluze. V druhé části tyto argumenty vyvrátím a ukážu, že pokud má fundamentální fyzika a kosmologie překonat svoji současnou krizi, pak musí být s časem nakládáno jako se skutečným.

Abych výklad v první části zasadil do nějakého rámce, sleduji historický vývoj pojetí času ve fyzice od Aristotela a Ptolemaia přes Galilea, Newtona a Einsteina až k současným kvantovým kosmologům a ukážu, jak se s vývojem fyziky pojetí času krok za krokem oslabovalo. Vyprávění tohoto příběhu mi zároveň umožní postupně uvádět materiál nutný k pochopení dalšího výkladu i pro laiky. Klíčovým závěrům lze opravdu porozumět pouze na základě příkladů s padajícími míči a obíhajícími planetami. Druhá část vypráví současnější příběh, protože právě nedávný vývoj vedl k požadavku, že čas musí být znovu zanesen do základů vědy.

Moje argumentace začíná prostým pozorováním: úspěch fyzikálních teorií od Newtona až dodnes závisí na určitém rámci vynalezeném právě Newtonem. Tento rámec nahlíží přírodu jako složenou pouze z částic s nadčasovými vlastnostmi, jejichž pohyb a interakce jsou určeny nadčasovými zákony. Vlastnosti těchto částic, jako náboj nebo hmotnost, se nikdy nemění a stejně tak zákony, které na ně působí. Tento rámec funguje výborně, když popisujeme malé oddělené části vesmíru, ale *bortí se, když se jej snažíme použít i na vesmír jako celek.*

Všechny významné fyzikální teorie se týkají oddělených částí vesmíru, jako je rádio, letící míč, buňka v organismu, Země nebo galaxie. Když popisujeme nějakou část vesmíru, zůstáváme i s našimi měřicími přístroji mimo tento systém.

Opomíjíme to, jakou roli sami hrajeme při výběru a přípravě studovaného systému. Opomíjíme referenční systém, který používáme, abychom určili, kde systém je. A co je podstatné pro naše bádání nad povahou času, vynecháváme z popisu hodiny, které měří změny v daném systému.

Snaha rozšířit působnost fyziky i do sféry kosmologie vede k novým problémům, které vyžadují neotřelé myšlenkové postupy. Kosmologická teorie nemůže nic opomíjet. Aby byla opravdu úplná, musí brát v úvahu vše v celém vesmíru včetně nás jakožto pozorovatelů. Musí počítat i s našimi měřicími přístroji a hodinami. Když děláme kosmologii, nacházíme se v neobvyklé situaci: je nemožné vystoupit ze systému, který studujeme, protože ten systém je celý vesmír.

Navíc se musí kosmologie obejít bez dvou důležitých aspektů vědecké metodologie. Základním pravidlem vědy je, že experiment musí být mnohokrát zopakován, než jsme si jisti výsledkem. Ale právě to s celým vesmírem dělat nemůžeme – celý vesmír se prostě stane jen jednou. Stejně tak nemůžeme připravit systém v jiné konfiguraci a zkoumat důsledky takové konfigurace. Toto jsou vážné nevýhody, které komplikují vědecké studium vesmíru jako celku.

I přesto ale chceme rozšiřovat fyziku do sféry vědecké kosmologie. První věc, co nás napadne, je, že bychom měli použít zákony, které fungovaly tak dobře při popisu malých částí vesmíru, a rozprostřít je do všech měřítek až na měřítko samotného kosmu. Jak ukážu v kapitolách 8 a 9, tento přístup nemůže fungovat. Newtonovský rámec bezčasých zákonů působících na částice s bezčasými vlastnostmi se pro popis celého vesmíru nehodí.

Podrobně také vysvětlím, že právě ty vlastnosti, které zaručují těmto teoriím úspěch při popisu malých částí vesmíru, způsobují, že tyto teorie selhávají při popisu vesmíru jakožto celku.

Jsem si vědom toho, že toto prohlášení popírá běžnou praxi i naděje mnoha mých kolegů, ale poprosím čtenáře, aby věnoval velikou pozornost jeho obhajobě v druhé části této knihy. V té ukážu zcela obecně, ale i na konkrétních příkladech, že když se pokoušíme povýšit naše standardní teorie na kosmologickou úroveň, narážíme na dilemata, paradoxy a nezodpověditelné otázky. K nim patří i neschopnost jakékoliv standardní teorie vysvětlit určité volby, ke kterým došlo v raných dobách vesmíru – volby počátečních podmínek a volby samotných přírodních zákonů.

Část soudobé literatury o kosmologii sestává z pokusů velmi chytrých lidí popasovat se s těmito dilematy, paradoxy a nezodpověditelnými otázkami. Populární je nápad, že náš vesmír je jeden z mnoha v jakémsi nekonečném mnoho-vesmíru. Je to celkem pochopitelné, protože tato představa je založena na meto-

dologickém omylu, kterého je jednoduché se dopustit. Naše současné teorie mohou fungovat pouze tehdy, když je náš vesmír podsystémem nějakého většího celku. Takže si vymyslíme jakési fiktivní prostředí a naplníme jej dalšími vesmíry. Takový postup však nemůže vědě jakkoliv přispět, protože nemůžeme potvrdit ani vyvrátit žádnou hypotézu o vesmírech, které jsou od toho našeho kauzálně oddělené.<sup>2</sup>

Účelem této knihy je ukázat, že to jde i jinak. Musíme začít nanovo a vydat se hledat teorii, kterou lze použít na celý vesmír, teorii, která se vyvaruje všech zmatků a paradoxů, odpovídá na nezodpověditelné otázky a generuje fyzikální předpovědi pro naše kosmologická pozorování.

Nemám takovouto teorii, ale mohu nabídnout soubor principů, které nás k ní mohou dovést. Ony principy představuji v kapitole 10. V dalších kapitolách ukazují, jak tyto principy mohou podnítit nové modely vesmíru a hypotézy, které ukazují směrem ke správné kosmologické teorii. Ústředním principem je, že čas musí být skutečný a fyzikální zákony se musí v tomto skutečném čase vyvíjet.

Myšlenka proměnlivých zákonů není nová, stejně jako představa, že kosmologie bude takové zákony potřebovat.<sup>3</sup> Americký filozof Charles Sanders Peirce v roce 1891 napsal:

„Předpokládat existenci rozumem pochopitelných a univerzálních zákonů, které přitom nemají důvod pro svou konkrétní podobu a které jsou nevysvětlitelné a iracionální, je jen stěží obhajitelný postoj. Jednotvárnost a univerzalita patří právě k těm věcem, které vyžadují zdůvodnění... Zákon je dokonalým příkladem věci, která potřebuje příčinu.

Jediný možný způsob, jak zdůvodnit přírodní zákony a univerzalitu obecně, je tedy předpokládat, že jsou výsledkem nějakého vývoje.“<sup>4</sup>

Současný filozof Roberto Mangabeira Unger nedávno prohlásil:

„Z vlastností vesmíru v současnosti můžete usuzovat na vlastnosti vesmíru, které musel mít na počátku. Ale nemůžete ukázat, že jsou to ty jediné, které libovolný vesmír na počátku mohl mít. ... Ranější nebo pozdější vesmíry mohly mít zákony zcela odlišné. ... Když formulujeme přírodní zákony, nevysvětlujeme tím ani nepopisujeme všechny možné vesmíry a jejich historie. Mezi vysvětlením pomocí zákona a vyprávěním sledu jedinečných historických událostí je jen relativní rozdíl.“<sup>5</sup>

Paul Dirac, vedle Einsteina a Nielse Bohra jeden z největších fyziků dvacátého století, se dohadoval: „Na počátku času byly přírodní zákony pravděpodobně o hodně jiné, než jaké jsou nyní. Přírodní zákony bychom tedy spíše než jako působící stejně v každém bodě prostoročasu měli uvažovat jako odlišné pro každou vesmírnou epochu.“<sup>6</sup> John Archibald Wheeler, jeden z velkých amerických fyziků, také uvažoval o tom, že se fyzikální zákony vyvíjejí. Navrhl, že by velký třesk mohl být jedním z okamžiků, kdy se přírodní zákony transformují. Také napsal, že „neexistuje žádný zákon kromě toho, že neexistuje žádný zákon“.<sup>7</sup> I Richard Feynman, další z velkých amerických fyziků a Wheelerův student, přemítal v jednom rozhovoru: „Jediná oblast, která nedopustila žádnou evoluční otázku, je fyzika. Tady jsou zákony, říkáme, ... ale jak získaly tuhle podobu, v čase? ... Takže bychom mohli dojít k tomu, že to nejsou celou dobu ty samé zákony a že tu máme historickou, evoluční otázku.“<sup>8</sup>

Ve své knize *Life of Cosmos* [Život vesmíru] z roku 1997 jsem navrhl mechanismus vývoje fyzikálních zákonů založený na biologické evoluci.<sup>9</sup> Představil jsem si, že se vesmíry mohou reprodukovat prostřednictvím vesmírů vznikajících uvnitř černých děr, a předpokládal jsem, že při každém takovém zrození se lehce pozmění fyzikální zákony. V této teorii zákony hrály roli genů v biologii – vesmír mohl být chápán jako výraz konkrétní volby zákonů při jeho zrození, stejně jako živý organismus je výrazem jeho genů. Stejně jako v případě genů mohly zákony v následných generacích náhodně mutovat. Inspirován tehdy nedávnými výsledky teorie strun jsem si představoval, že hledání velké sjednocené teorie by nevyústilo v jedinou teorii, ale ve velký prostor možných souborů přírodních zákonů. Tento prostor jsem s použitím terminologie populační biologie, kde se mluví o krajinách schopnosti předávat své geny [fitness], nazval krajinou teorií. Na tomto místě už toto téma nebudu rozvíjet, protože je předmětem kapitoly 11. Zmíním jen, že tato teorie kosmologického přirozeného výběru podává několik předpovědí, které od té doby při několika možných příležitostech nebyly falsifikovány.

Během posledního desetiletí pojem krajiny teorií přijalo mnoho teoretiků strun. Výsledkem bylo, že se otázka, jak si vesmír volí zákony, kterými se bude řídit, stala zvláště naléhavou. Budu se snažit dokázat, že právě tato otázka patří k těm, které nelze vysvětlit mimo rámec nové kosmologie, kde je čas skutečný a zákony se vyvíjejí.

Zákony tak nejsou vesmíru vnuceny zvenku. Žádná vnější entita, ať už božská, nebo matematická, neurčuje dopředu, jak budou přírodní zákony vypadat. Stejně tak zákony nečekají někde mimo čas, až začne vesmír existovat. Vznikají naopak zevnitř vesmíru a vyvíjejí se v čase spolu s vesmírem, který popisují. Je dokonce

možné, že se obdobně jako v biologii nové fyzikální zákony objeví jako pravidla pro nové jevy, které nastanou během vývoje vesmíru.

Někteří mohou vidět odmítnutí věčných přírodních zákonů jako opuštění vědeckých cílů. Já to ale naopak chápu jako odhození zbytečného metafyzického balastu, který nám překáží v hledání pravdy. V následujících kapitolách ukážu na konkrétních příkladech, že myšlenka vývoje zákonů v čase vede k vědecktější kosmologii – v tom smyslu, že předpovídá více možných pozorování, která mohou být experimentálně testována.

Pokud vím, první vědec, který od úsvitu vědecké revoluce usilovně přemýšlel o tom, jak vytvořit teorii celého vesmíru, byl Gottfried Wilhelm Leibniz, který mimo jiné vedl slavný spor s Newtonem o to, kdo z nich jako první vynalezl integrální a diferenciální počet. Leibniz také předjímal moderní logiku, rozvinul dvojkovou soustavu čísel a mnoho dalšího. Bývá nazýván nejchytřejší osobou, která kdy žila. Leibniz formuloval *princip postačující příčiny* jakožto rámec kosmologických teorií, který tvrdí, že pro každé rozhodnutí učiněné při budování vesmíru musí existovat racionální důvod. Každá otázka typu „Proč musí být vesmír spíše X než Y?“ musí mít odpověď. Takže pokud svět stvořil bůh, nemohl si při jeho navrhování vybírat. Leibnizův princip měl vždy velmi silný vliv na rozvoj fyziky, a jak uvidíme, i nyní je spolehlivým průvodcem při našich pokusech o vytvoření kosmologické teorie.

Leibniz měl vizi světa, ve které věci nežijí v prostoru, ale jsou vnořeny do sítě vztahů. Tyto vztahy pak definují prostor, ne naopak. Představa vesmíru protkaného sítí vztahů a spojení mezi entitami dodnes postupuje nejen moderní fyziku, ale i biologii a počítačovou vědu.

V relačním světě (což je název, který používáme pro svět, kde vztahy předcházejí prostoru) neexistuje žádný prostor bez věcí. Newtonovo pojetí prostoru bylo opačné, protože jej považoval za absolutní. To znamená, že atomy jsou definovány svojí polohou v prostoru, ale prostor není nijak ovlivněn jejich pohybem. V relačním světě neexistují žádné takové asymetrie. Věci jsou definovány svými vztahy. Jedinci existují a mohou být částečně nezávislí, ale jejich možnosti jsou dány sítí jejich vztahů. Jedinci se navzájem setkávají a vnímají skrze svá vzájemná spojení v této síti, a tato síť je proměnlivá a neustále se vyvíjí.

Jak vysvětlím v kapitole 3, Leibnizův slavný princip nepřipouští, aby existoval absolutní čas, který slepě a bez přestání odtikává, ať už se ve světě děje cokoli. Čas musí být důsledkem změny – bez změny nemůže existovat žádný čas. Filozofové o tomto říkají, že čas je relační, – je to aspekt vztahů, který podobně jako

kauzalita řídí změny. Zcela obdobně musí být i prostor relační, a nejen to, každá vlastnost objektu v přírodě musí být odrazem dynamických<sup>10</sup> vztahů mezi ním a dalšími objekty ve světě.

Leibnizovy principy jdou proti základním myšlenkám newtonovské fyziky, a proto nějakou dobu trvalo, než je plně docenila ve svých teoriích i empirická věda. Byl to právě Einstein, který navázal na Leibnizův odkaz a použil jeho principy jako hlavní motivaci pro vyvrácení newtonovské fyziky a její nahrazení obecnou teorií relativity, to jest teorií prostoru, času a gravitace, která bezmála ztělesňuje Leibnizův relační náhled na čas a prostor. Leibnizovy principy jsou jiným způsobem naplněny také v souběžně probíhající kvantové revoluci. Revoluci fyziky dvacátého století tedy nazývám relační revolucí.

Problém sjednocení fyziky a zejména zasazení kvantové teorie a teorie relativity do jednotného rámce spočívá z velké části v dokončení relační revoluce. Hlavním poselstvím této knihy je, že toto sjednocení vyžaduje, abychom přijali myšlenku, že čas je skutečný a že zákony se vyvíjejí.

Relační revoluce už je v plném proudu ve všech dalších odvětvích vědy. Darwinova revoluce v biologii je jeden příklad. V jejím rámci je druh definován pouze svými vztahy s ostatními organismy ve svém prostředí, a působení genu má smysl pouze v rámci celé sítě genů regulujících jeho činnost. Rychle zjišťujeme, že biologie se týká informací a neexistuje pojem více relační, než je právě informace, protože informace spočívá ve vztahu mezi odesílatelem a příjemcem na opačných koncích komunikačního kanálu.

Ve sféře společenských věd je liberální koncepce společnosti jakožto souboru samostatných jednotlivců (pojetí, které vytvořil John Locke jako analogii fyziky svého přítele Newtona) zpochybňována vizí společnosti jakožto soustavy vzájemně závislých jednotlivců, kteří si zachovávají pouze částečnou nezávislost a jejichž životy mají smysl pouze ve spleti vztahů k okolí. Nový informační opar, do kterého jsme se ponořili teprve nedávno, ztělesňuje relační myšlenku skrz metaforu síť. Jakožto společenské bytosti se vidíme jako uzly v síti vztahů a vazeb, které nás definují. Dnes se myšlenka společenského systému tvořeného propojenými, zasíťovanými entitami objevuje stále častěji ve společenských teoriích formulovaných kdekým, počínaje feministickými politickými filozofkami a konče manažerskými autoritami. Kolik uživatelů Facebooku tuší, že jejich životy jsou organizovány významnou vědeckou myšlenkou?

Relační revoluce je už poměrně daleko. Na druhou stranu se ale zjevně nachází v krizi a v některých oblastech se dokonce zasekla. Kdekoliv, kde se nachází v krizi, se horlivě debatuje o třech typech otázek. Co je to jednotlivec a jednotlivost?

Jak vznikají nové druhy systémů a jednotlivých entit? Jak můžeme smysluplně chápat celý vesmír dané teorie?

Klíč k těmto hádankám spočívá v tom, že nemůžeme jednotlivosti, systémy ani vesmír jako celek chápat jako věci, které prostě jsou. Všechny z nich jsou totiž složeny z procesů, které se odehrávají v čase. Nebudeme-li chápat tyto věci jako procesy v čase, nebudeme schopni tyto otázky zodpovědět. Tvrdím, že chceme-li uspět, musí relační revoluce zahrnout koncept času a přítomného okamžiku jakožto základní aspekty skutečnosti.

Podle starého způsobu myšlení byli jednotlivci a jednotlivosti nejmenší části systému, a pokud jste chtěli porozumět tomu, jak systém funguje, museli jste jej rozebrat a studovat chování jeho částí. Ale jak máme rozumět vlastnostem těch nejzákladnějších součástí? Nemají žádné další části, takže s redukcionismem (jak je tato metoda nazývána) už se dál nedostaneme. S atomistickým přístupem už tady taky nikam nedojdeme, taky se dostal do slepé uličky. To je ovšem skvělá příležitost pro právě se rodící relationalistický program, protože může (a musí) hledat vysvětlení vlastností elementárních částic pomocí sítě jejich vztahů.

Ve sjednocených teoriích, které máme k dispozici, už se to děje. Ve standardním modelu částicové fyziky, prozatím nejlepší teorii elementárních částic, jsou vlastnosti elektronu, jako je hmotnost, dynamicky určeny interakcemi, na kterých se podílí. Nejzákladnější vlastnost částice je její hmotnost, která určuje sílu potřebnou ke změně jejího pohybu. Ve standardním modelu jsou hmotnosti všech částic určeny sice interakcemi se všemi částicemi, ale zejména interakcí s jednou částicí, kterou nazýváme Higgsův boson. Nadále už neexistují žádné absolutní „elementární“ částice, vše, co se chová jako částice, je ve skutečnosti do jisté míry emergentním výsledkem sítě interakcí.

*Emergence* je zásadním pojmem relačního světa. Vlastnost něčeho složeného z částí je emergentní, pokud by nedávalo smysl přiřadit ji kterékoliv z částí. Kameny jsou tvrdé a voda teče, ale atomy, ze kterých jsou složeny, nejsou pevné ani mokré. Emergentní vlastnost mnohdy platí pouze přibližně, protože se vztahuje k vystředovanému popisu (průměrným hodnotám) nebo popisu velkoškálovému, který opomíjí mnoho podrobností.

Jak věda postupuje kupředu, zjišťuje se, že vlastnosti přírody, které byly kdysi považovány za zcela fundamentální, jsou přibližné a emergentní. Kdysi jsme si mysleli, že pevný, kapalný a plynný stav jsou stavy fundamentální, teď ale víme, že jde o emergentní vlastnosti, jež lze chápat jako různé způsoby uspořádání atomů, ze kterých je vše složeno. Mnoho z přírodních zákonů, které byly kdysi považovány za fundamentální, nyní chápeme jako přibližné a emergentní.



Například zákony termodynamiky, které mluví o teplotě, jsou pouze přibližné a emergentní, protože teplota je pouze průměrná energie náhodně se pohybujících atomů v látce.

Přikláním se k názoru, že vše, co dnes chápeme jako fundamentální, bude jednou chápáno jako přibližné a emergentní – ať už jde o Newtonovy a Einsteinovy zákony gravitace, o zákony kvantové mechaniky, nebo o samotný prostor.

Ona fundamentální fyzikální teorie, po které pátráme, se nebude týkat věcí pohybujících se v prostoru. Jejými základními silami nebude gravitace, elektřina a magnetismus. Nebude to kvantová mechanika. Pokaždé, když se hranice našeho vesmíru dostatečně posunou, vyjeví se některá ze zmíněných věcí jako přibližný koncept.

Je-li prostor emergentní, znamená to, že emergentní je i čas? Zmizí i čas, když pronikneme dostatečně hluboko k základům přírody? Během posledního století jsme dospěli tak daleko, že mnoho mých kolegů skutečně považuje čas za emergentní jev vycházející z hlubšího popisu přírody, ve kterém se čas neobjevuje.

Já věřím – tak pevně, jak to jen ve vědě lze – že jejich závěry jsou nesprávné. Přijdeme na to, že čas je jediný z našich každodenních prožitků, který je fundamentální. Fakt, že vždy vnímáme jeden konkrétní okamžik a že jej prožíváme jako jeden z řetězce okamžiků, prostě není iluze. Naopak, je to naše nejlepší vodítko k pochopení základů reality.