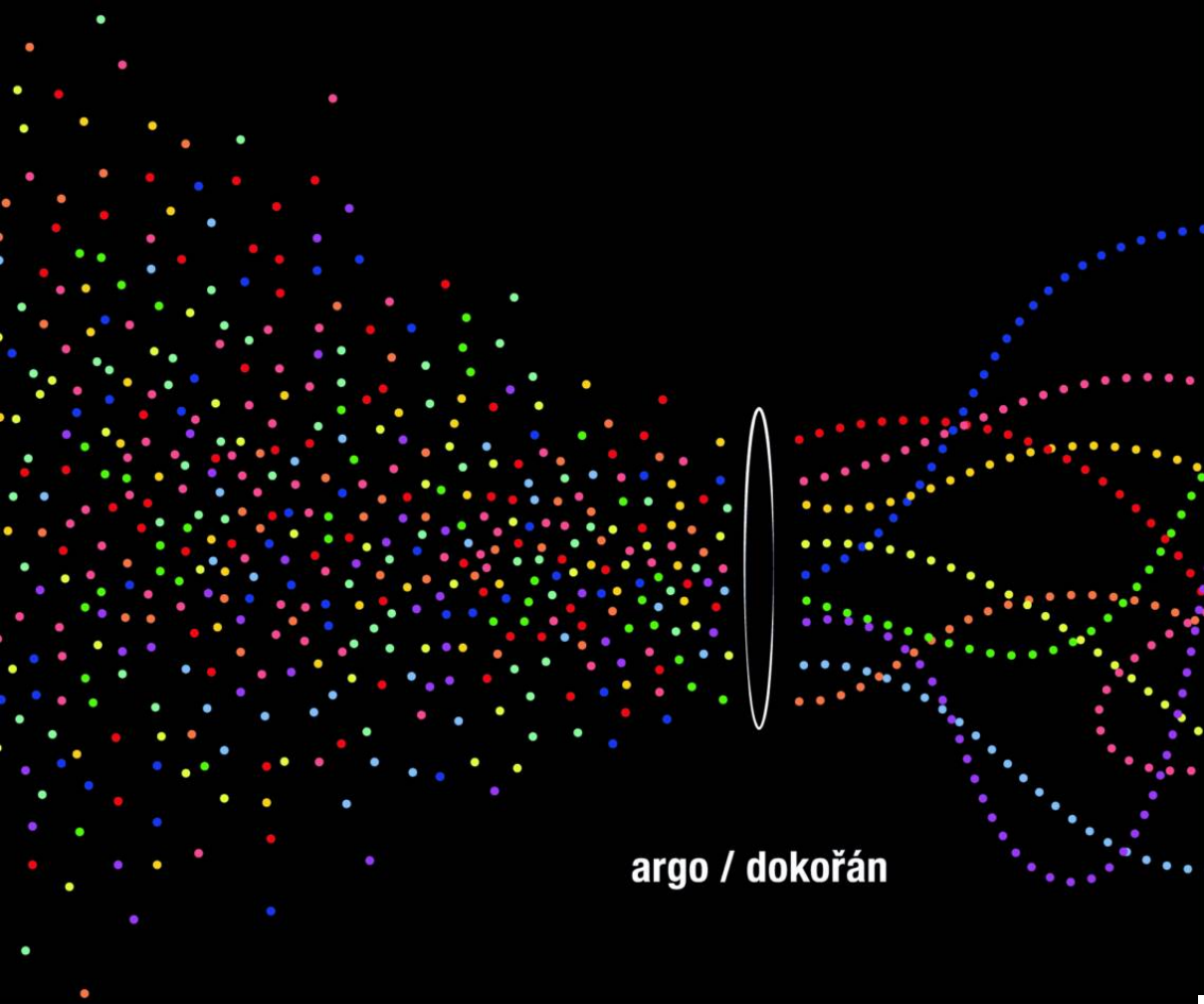


Chiara Marletto

VĚDA MOŽNÉHO A NEMOŽNÉHO

Fyzikova cesta
územím kontrafaktuálů



argo / dokořán

ARGO / DOKOŘÁN

Chiara Marletto

VĚDA MOŽNÉHO A NEMOŽNÉHO

Fyzikova cesta zemí
kontrafaktuálů

ARGO / DOKOŘÁN

Přeložil Marek Tomeček.

Copyright © Chiara Marletto, 2021. All rights reserved.

Translation © Marek Tomeček 2024

ISBN 978-80-257-4319-5 (Argo váz.)

ISBN 978-80-7675-174-3 (Dokořán váz.)

ISBN 978-80-257-4419-2 (Argo e-kniha)

Pro Pieru a Giuseppeho

OBSAH

<i>Předmluva</i>	9
<i>Předehra</i>	13
KAPITOLA PRVNÍ	Ze stejné látky, z níž spřádají se sny 17
	<i>Dávat smysl</i> 36
KAPITOLA DRUHÁ	Za pohybové zákony? 40
	<i>La locanda della grotta</i> 55
KAPITOLA TŘETÍ	Informace 59
	<i>Intermezzo veneziano</i> 71
KAPITOLA ČTVRTÁ	Kvantová informace 74
	<i>Let se šťastným drakem</i> 88
KAPITOLA PÁTÁ	Vědění 92
	<i>Zvedá se vítr</i> 102
KAPITOLA ŠESTÁ	Práce a teplo 106
	<i>Labyrint</i> 123
KAPITOLA SEDMÁ	Cesta tam a zase zpátky 127
	<i>Alexandr</i> 139
<i>Poděkování</i>	145
<i>Důležitá literatura</i>	146
<i>Rejstřík</i>	148

PŘEDMLUVA

Tato hluboce racionální, přelomová a lidsky vřelá kniha ukazuje, co se stane, když začneme brát vážně *kontrafaktuální* vysvětlení světa. To znamená taková vysvětlení, jež obsahují určení, které fyzikální události mohou nebo nemohou *nastat*.

Zahrnutí kontrafaktuálů do našeho výzkumu představuje významný odklon od tradičního pojetí fyziky a vědy obecně, které předpokládá, že vědecké teorie mohou být pouze o tom, co se ve vesmíru *musí* stát (nebo co se pravděpodobně stane), když už se stalo něco jiného, a které odmítá nehmatatelné entity, jako jsou kauzalita, svobodná vůle a schopnost volby jako pouhé psychologické, či dokonce mystické rekvizity. A toto pojetí dokonce považuje nepostradatelné laboratorní pojmy jako teplota, informace a výpočet za nekompatibilní s exaktním popisem přírody a užitečné jenom na úrovni lidské smyslové zkušenosti.

Nic z toho ovšem není pravda. Jde jen o arbitrární omezení naší schopnosti rozumět světu, která dodržujeme čistě ze zvyku. Naštěstí je v každodenním životě i teoretické vědě běžně ignorujeme, i když často s pocitem viny a omluvou. Když je něco nekompatibilní s tradičním pojetím, ještě to neznámá, že je to nekompatibilní i s exaktním vědeckým popisem. V těchto případech prostě exaktní popisy vyžadují odklon od tradičního pojetí – potřebují kontrafaktuality. Věc může uchovávat *informaci*, pouze pokud její stav *mohl být jiný*: paměť počítače je k ničemu, když jsou všechny změny v jejím obsahu určeny už v továrně. Uživatel do ní nic neuloží. A totéž platí, když „továrnu“ vyměníte za Velký třesk.

V této knize se dočtete, proč je opuštění tradičního pojetí a zrovnoprávnění kontrafaktuálů s faktickými výroky ve fundamentální fyzice tak slibným krokem – jak vrhá vědecké světlo na mnohem větší část světa, vytváří hlubší pojetí světa a nás samotných a jak by to mohlo vést k dalším objevům.

Ale jde zde ještě o víc. Kontrafaktuality mohou nejen poskytnout nová vysvětlení: jsou základem celého nového *způsobu* vysvětlování. V devatenáctém a na počátku dvacátého století byla objevena nejen mnohá nová vědecká vysvětlení, zároveň byly objeveny i nové způsoby vysvětlení, jako je evoluce za pomoci

přirozeného výběru, silová pole, zakřivený časoprostor, kvantová superpozice a univerzální vyčíslitelnost. Naproti tomu v několik posledních desetiletích k žádným objevům nových způsobů vysvětlení nedošlo. I když byly nalezeny nové druhy elementárních částic – a například objevení Higgsova bosonu bylo bezpochyby triumfem experimentálního i teoretického vysvětlení –, žádný nový způsob vysvětlování fyzikálních fenoménů objeven nebyl. Naproti tomu byla v první polovině dvacátého století překonána samotná stávající představa částice a nahrazena novou, která poskytuje hlubší vysvětlení.

Tenkrát bylo fyziků daleko méně, ale jejich úspěchům se od té doby nic ani nepřiblížilo. I když se celková rychlost vědeckých objevů podle téměř všech měřítek velmi zvýšila, k objevům *fundamentálně* nových pravd o přírodě paradoxně dochází méně často. Obzvláště ve fundamentální fyzice se přelomové myšlenky zkoumají méně a méně – a o nové způsoby vysvětlení se nikdo ani nepokouší.

Toto všechno se děje z mnoha více méně náhodných důvodů. Ale celkovým důsledkem je opatrná a riziku se vyhýbající kultura ve vědě. Dává se přednost postupnému zlepšování před zásadní inovací a výzkumu se skromnými, ale předvídatelnými výsledky. Ohledně samotného základního pokroku převládá pesimismus a fatalismus.

Nesouhlasím s názorem, že fyzika už všechno důležité ve svém dosahu objevila a že zbývá už jenom apaticky a mechanicky dosbírat zbytek. Ani se nezotožňuji s názorem, že my opice nejsme schopny pochopit fundamentálnější věci než naše současné nejlepší teorie, jako jsou kvantová teorie a obecná relativita. Naopak, žijeme v jedinečné době, kdy je naše nejhlubší porozumění přírodě plné do očí bijících rozporů, děr a nevyřešených nejasností, a zároveň plné vzrušujících možností je prozkoumat. To si někdy žádá přijetí radikálně odlišných způsobů vysvětlení.

Věda možného a nemožného vykládá v netechnických pojmech nový, kontrafaktuální způsob vysvětlení, založený na vědeckých a filozofických myšlenkách, které autorka Chiara Marletto spolu se mnou objevila a razí. Tyto myšlenky nám poskytují nové nástroje a principy k řešení mnoha známých problémů ve fyzice i mimo ni. Chiara Marletto srozumitelně a přesvědčivě zavádí novou teorii, která obsahuje soubor nových a aktualizovaných přírodních zákonů – principů, které budou formovat nejen příští generaci atomárních tepelných strojů a nanorobotů, ale také umělou inteligenci. Kniha představuje tato témata s nakažlivým nadšením a vědeckou přesností a prokládá naučné pasáže krátkými fiktivními příběhy, které po vzoru Hofstadterovy knihy *Gödel, Escher, Bach* ilustrují hlavní myšlenky textu a poskytují čtenáři čas k přemýšlení.

V Chiařině zemi kontrafaktuálů se setkáte s novými pojmy (jako jsou zákony o informacích a vědění) a starými pojmy (jako práce a teplo) vyjádřenými radikálně odlišným způsobem. *Věda možného a nemožného* může obohatit vaše chápání světa a vaše chápání chápání samotného.

David Deutsch

JAK ČÍST TUTO KNIHU

Nežživěji si z knih z dětství pamatuju detaily jejich ilustrací: barevnou dvojstránku znázorňující obrovskou velrybu v nezapomenutelném vydání *Pinocchia*, černo-bílou kresbu kapitána Flinta, jak kráčí úzkou, tmavou uličkou v *Ostrově pokladů*, křehké obrázky Matildy od Quentina Blakea, strašné stvůry v Dantově *Pekle* od Gustava Dorého atd. Při psaní této knihy mě napadlo, že bych mohla ke každé kapitole přidat něco malého, co by mohlo fungovat tak, jako fungují ilustrace v jiných knihách. Něco lehkého a poutavého, jako zajímavé kouzlo, něco, co zachytí základní prvky kapitoly a pomůže s jejich zapamatováním – udělá z nich příběh. Tyto příběhy nejsou pro pochopení vědeckého obsahu knihy klíčové, a pokud spěcháte, můžete je přeskočit a vrátit se k nim později. Jsou zde od toho, abyste si na chvíli odpočinuli, když budete mít pocit, že potřebujete přestávku od vědecké diskuze, která se v jednotlivých kapitolách odehrává. Doufám, že se stanou zábavným zpestřením vašeho zkoumání.

PŘEDEHRA

Kdybyste se mohli vznést vysoko do nebe, jak to často dělají luňáci červení při hledání kořisti, a shlédnout na oblast všeho, co víme a co teprve objevíme, spatřili byste něco velmi podivuhodného: obrovskou třídu věcí, které věda dosud téměř zcela přehlížela. Tyto věci jsou klíčové pro naše chápání fyzické reality jak na každodenní úrovni, tak na úrovni nejzákladnějších fenoménů ve fyzice, přesto se tradičně považuje za nemožné začlenit je do základních vědeckých vysvětlení. Jsou to fakty ne o tom, co *je*, o „skutečnosti“, ale o tom, co *by mohlo nebo nemohlo být*. Abychom je odlišili od skutečnosti, nazýváme je *kontrafaktuály*.

Předpokládejme, že vesmírná mise z budoucnosti navštívila vzdálenou planetu v jiném solárním systému a zanechala na ní nerezovou ocelovou krabici s mnoha věcmi, mimo jiné s kritickým vydáním básní Williama Blakea. Že tato kniha básní následně leží někde na té planetě, je její *faktuální* vlastnost. Že slova v ní obsažená *mohou být čtena*, je kontrafaktuální vlastnost, která je pravdivá bez ohledu na to, zda je někdo někdy bude číst. Krabici možná nikdo nenajde, a přesto by byla pravda, že tato slova mohou být čtena, a navíc by to bylo významné. Znamenalo by to například, že planetu navštívila nějaká civilizace, která dosáhla určitého stupně vyspělosti.

Abychom lépe pochopili důležitost kontrafaktuálních vlastností a to, čím se liší od vlastností faktuálních, představme si počítač naprogramovaný tak, aby na svém displeji ukazoval řadu nul. To je faktuální vlastnost našeho počítače, která se týká jeho skutečného stavu, toho, co *je*. Fakt, že *by mohl být přeprogramován*, aby ukazoval jiné řady, je kontrafaktuální vlastnost tohoto počítače. Možná takto přeprogramován nikdy nebude, ale skutečnost, že *by mohl*, je podstatná skutečnost, bez níž by nebyl počítačem.

Kontrafaktuály, které jsou důležité pro vědu a fyziku a které byly dosud opomíjeny, jsou fakty o tom, co *by mohlo nebo nemohlo nastat* ve fyzikálních systémech, o tom, co je možné a nemožné. Jsou zásadní, protože vyjadřují podstatné rysy fyzikálních zákonů – pravidel, která řídí každý systém v našem vesmíru. Například kontrafaktuální vlastnost našeho vesmíru je, že je *nemožné* sestrojít

perpetuum mobile (to zde chápeme jako stroj, který se nejen trvale pohybuje, ale dokáže užitečný pohyb i generovat). Kdyby takové zařízení mohlo existovat, bylo by to zařízení, které vyrábí energii z ničeho. Dalo by se využít k věčnému pohonu vašeho auta bez veškerého paliva. Každá posloupnost změn, která přeměňuje něco bez energie v něco s energií, aniž by vyčerpávala jiný zdroj energie, je v našem vesmíru nemožná: nemůže nastat kvůli základnímu principu, který fyzikové nazývají *zákon zachování energie*.

Další důležitá kontrafaktuální vlastnost, která je ústřední pro termodynamiku, je, že parní stroj je *možný*, jak jsme zjistili během průmyslové revoluce. Parní stroj je zařízení, které mění energii jednoho druhu na energii jiného druhu a může vykonávat užitečné úkoly, jako je pohyb pístem, a neporušuje přitom zákon zachování energie. Skutečné parní stroje (které už jsme postavili) jsou faktuálními vlastnostmi našeho vesmíru. *Možnost* sestrojit parní stroj, která existovala dlouho předtím, než byl první z nich ve skutečnosti postaven, je kontrafaktuál.

Toto jsou dva základní druhy kontrafaktuálů, které se vyskytují ve fyzice: první je *nemožnost* uskutečnění změny (např. postavení *perpetua mobile*), druhý je *možnost* uskutečnění změny (např. postavení parního stroje). Oba představují kardinální vlastnosti fyzikálních zákonů, a kromě jiného mají klíčový dopad na naše snahy: ať se snažíme, jak chceme, nebo usilovně přemýšlíme, nemůžeme způsobit změny, které fyzikální zákony prohlašují za nemožné, např. sestrojení *perpetua mobile*. Nicméně když budeme přemýšlet usilovněji, můžeme přijít na více lepších způsobů, jak provést *možnou* změnu, například sestrojení parního stroje, který se pak může dále zlepšovat.

Současný převládající vědecký světonázor nespravedlivě považuje kontrafaktuální vlastnosti fyzikálních systémů za podřadné, nebo je dokonce přímo vykazuje z debaty. Proč? Kvůli hluboce zakořeněnému předsudku, který paradoxně vznikl v mé vlastní oblasti: v teoretické fyzice. Tento pomýlený názor tvrdí, že když vyjmenujete všechno, co existuje ve fyzikálním světě, a všechno, co se s ním v čase děje – veškerou skutečnost –, vysvětlili jste tím vše, co se dá vysvětlit. Zní to nevyvratitelně? Možná. Je totiž snadné spadnout do tohoto způsobu myšlení a neuvědomit si, že jsme tím přijali spoustu podstatných zamlčených předpokladů, které jsou neodůvodněné. Přece nemůžete vysvětlit, co je to počítač, jenom tím, že vyjmenujete výpočty, které v daný čas provádí. Potřebujete vysvětlit, jaké *možné* výpočty by *mohl* provádět, pokud byl naprogramován na *možné* způsoby počítání. Obecně řečeno, není pravda, že přítomnost záchraného člunu na pirátské lodi můžete vysvětlit až při skutečném ztroskotání. Všichni vědí, že záchraný člun je na lodi kvůli ztroskotání, které *by mohlo* nastat

(kontrafaktuální vysvětlení). A to by byl důvod jeho existence, i kdyby se loď nikdy nepotopila.

I když věda nepovažuje kontrafaktuály za zásadní, učinila v poslední době obrovské pokroky, například objevením nových silných teorií fundamentální fyziky, jako jsou kvantová teorie a Einsteinova obecná relativita, nových vysvětlení v biologii, jako genetika a molekulární biologie, nebo v neurovědě. Ale v určitých oblastech to už neplatí. Předpoklad, že všechna základní vysvětlení ve vědě musí být vyjádřena jenom v pojmech toho, co se děje, bez odkazu ke kontrafaktuálům, nyní už překází pokroku. Neboť kontrafaktuály jsou důležité pro spoustu věcí, které jsou v současnosti vědou vysvětleny jenom neurčitě, nebo dokonce vůbec. Kontrafaktuály jsou nezbytné pro exaktní, sjednocenou teorii tepla, práce a informace (klasickou i kvantovou), pro vysvětlení vzhledu účelného uspořádání u živých organismů a pro vědecké vysvětlení vědění. Jak v této knize dále vysvětlím, některé tyto fenomény jako informace, teplo a práce už ve fyzice vysvětlení mají, ale je nedostatečné: je jenom přibližné, na rozdíl od fundamentálnějších fyzikálních teorií, jako jsou kvantová teorie a obecná relativita. Jiné fenomény, jako například vznik vědění, plnohodnotné vysvětlení ještě vůbec nemají. Všechny tyto entity ale musí být pochopeny, aby mohla věda pokročit v mnoha oblastech, od základní fyziky přes biologii, matematickou informatiku až po umělou inteligenci. Kontrafaktuály jsou nezbytné pro jejich pochopení.

Tato kniha vyplouvá na objevitelskou cestu kontrafaktuálů. Mapuje území za hranicemi, které jsou v současnosti vytyčeny tradičním pojetím fyziky. Během čtení se budete cítit trochu jako na expedici do zakázaných oblastí – jak se asi cítil Darwin při plavbě na lodi *Beagle*. Budete prozkoumávat neznámé země s roztodivnými zvířaty a tvory a všimát si, co jsou zač a jak se chovají. Během této expedice se dozvíte něco nového o tom, jak přistupovat ke kontrafaktuálům, které tvoří klíč k dosud nevyřešeným problémům. Ale co je nejdůležitější, uvidíte, že kolem nich byla postavena zábrana, která nám brání tyto entity pochopit; že každá kontrafaktuální vlastnost se nachází uprostřed oblasti, kde se fyzika a věda obecně zasekly a nejsou se schopny posunout vpřed; a že je nezbytné tyto umělé hranice překročit a začlenit je do fyziky a vědy.

Abych objasnila, jak toho lze dosáhnout, popíšu několik problémů ve fyzice, které zůstávají otevřené a mohou být zcela vyřešeny za pomoci kontrafaktuálů. Začnu s nejzákladnějšími fenomény, klasickou a kvantovou informací, pak se přesunu k termodynamice a nakonec proberu teorii života a vědění. Všechny tyto fenomény mají něco společného: ve fyzice jsou dnes vyjádřitelné jenom velmi přibližně, ale věda založená na kontrafaktuálech dokáže podat jednotné

vysvětlení pro všechny tři zmíněné oblasti a zároveň mezi nimi odhaluje nečekaná spojení.

Vysvětlím také, jak můžeme formulovat nové vědecké teorie o kontrafaktuálech, nastíním úplně nový způsob popisu fungování vesmíru, což bude ona „věda možného a nemožného“. Tento přístup k vědě založený na kontrafaktuálech může radikálně překopat náš současný způsob chápání světa, učinit ho ostřejší a silnější. Jedná se o ohromující krok s potenciálem odkrýt staletá tajemství.

ZE STEJNÉ LÁTKY, Z NÍŽ SPŘÁDAJÍ SE SNY

Kde vysvětluji, jak pohlížet na fyzikální zákony mnohem šířeji, včetně *kontrafaktuálů* (výroků o tom, které změny jsou možné nebo nemožné), a vy se setkáte s *věděním* definovaným pomocí kontrafaktuálů. Kupříkladu prostřednictvím informace, která je schopna držet si svou existenci.

Většina věcí ve vesmíru není trvalá. Skály se nezadržitelně obrušují, stránky knih se trhají a žloutnou, živé věci – od bakterií přes slony po lidi – stárnou a umírají. Důležitou výjimkou jsou základní prvky hmoty, jako elektrony, kvarky a ostatní elementární částice. Systémy, které jsou jimi tvořeny, se mění, ale tyto základní prvky zůstávají beze změny.

Za tuto trvalost i netrvalost jsou zcela zodpovědné zákony fyziky. Uvalují silná omezení na vše v našem vesmíru: na vše, co se dosud stalo, a na vše, co se teprve v budoucnu stane. Fyzikální zákony rozhodují, jak se planety pohybují po svých oběžných drahách, řídí rozpínání se vesmíru, elektrické proudy v našem mozku a v našich počítačích a také ovládají vnitřní mechanismus bakterie nebo viru, oblaků na obloze, vln v oceánu, tekuté, roztavené horniny v žhnoucím jádru naší planety. Jejich moc sahá až za to, co se skutečně ve vesmíru děje, a zahrnuje i to, co *může* nebo *nemůže* nastat. Co fyzikální zákony zakážou, toho nelze docílit, i když se budete velmi snažit. Například nelze postavit stroj, který by urychlil částici nad rychlost světla. Ani nelze sestrojit, jak už jsem zmínila, *perpetuum mobile* a vytvořit energii z nulové energie – protože fyzikální zákony říkají, že celková energie ve vesmíru zůstává konstantní.

Fyzikální zákony nám poskytují hlavní vysvětlení přirozeného sklonu věcí k netrvalosti. Příčinou této netrvalosti je, že nejsou nijak obzvlášť uzpůsobeny k zachovávání jiných věcí než *základních prvků*. Platí pro jednoduché částičky hmoty, ale nejsou vytvořeny nebo zaměřeny na zachování z nich vytvořených určitých souborů. Elektrony a protony se navzájem přitahují – to je základní interakce: