

Max Tegmark

MATEMATICKÝ VESMÍR

Moje pátrání po nejhlubší
podstatě reality



argo/dokořán

ARGO / DOKOŘÁN

Max Tegmark

MATEMATICKÝ VESMÍR

**Moje pátrání po nejhlubší
podstatě reality**

ARGO / DOKOŘÁN

Max Tegmark

Matematický vesmír

Moje pátrání po nejhlubší podstatě reality

Copyright © 2013 by Max Tegmark. All rights reserved.

Translation © Jiří Podolský, 2016

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

Druhé vydání (první elektronické) v českém jazyce.

Z anglického originálu *Our Mathematical Universe*.

My Quest for the Ultimate Nature of Reality, vydaného nakladatelstvím A. A. Knopf, přeložil Jiří Podolský.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Obálka Pavel Růt. Grafická úprava Vladimír Fára.

Sazba a konverze do elektronické verze Michal Puháč.

Vydalo v roce 2016 nakladatelství Dokořán, s. r. o., Holečková 9, Praha 5, dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz, jako svou 883. publikaci (257. elektronická).

ISBN 978-80-7363-823-8

Meie, která mne inspirovala k sepsání této knihy.

OBSAH

Kapitola 1.	Co je realita?	9
	Nikoli to, čím se zdá být	9
	Jak zní otázka otázek?	12
	Výprava začíná	15
ČÁST PRVNÍ	POHLED ZDÁLKY	19
Kapitola 2.	Naše místo v prostoru	20
	Kosmické otázky	20
	Jak velký je prostor?	21
	Velikost Země	23
	Vzdálenost k Měsíci	24
	Vzdálenost ke Slunci a planetám	25
	Vzdálenost ke hvězdám	26
	Vzdálenost ke galaxiím	29
	Co je prostor?	31
Kapitola 3.	Naše místo v čase	35
	Odkud se vzala naše sluneční soustava?	35
	Odkud se vzaly galaxie?	40
	Odkud se vzalo záhadné mikrovlnné záření?	48
	Odkud se vzaly atomy?	59
Kapitola 4.	Náš vesmír v číslech	64
	Co potřebujeme: přesnou kosmologii	65
	Přesné fluktuační reliktního záření	67
	Přesné shlukování galaxií	74
	Dokonalá mapa našeho vesmíru	80
	Odkud se vzal náš velký třesk?	85

Kapitola 5. Náš kosmický počátek	88
Co je špatně na velkém třesku?	88
Jak funguje inflace	93
Dárek, který stále rozdává	98
Věčná inflace	102

Kapitola 6. Vítejte v multiverzu	110
Multiverzum úrovně I	110
Multiverzum úrovně II	121
Shrnutí multiverza v poločase	137

ČÁST DRUHÁ POHLED ZBLÍZKA 141

Kapitola 7. Kosmická lega	142
Atomová lega	143
Jaderná lega	144
Lega částicové fyziky	145
Matematická lega	147
Fotonová lega	150
Nad zákonem?	151
Kvanta a duhy	153
Vlnění	154
Kvantová podivnost	157
Podivnost nelze uvěznit	161
Kvantové zmatení	162

Kapitola 8. Multiverzum úrovně III	164
Multiverzum úrovně III	165
Iluze náhody	170
Kvantová cenzura	175
Jak radostné je nebýt první	179
Proč váš mozek není kvantový počítač	181
Subjekt, objekt a okolní prostředí	184
Kvantová sebevražda	189
Kvantová nesmrtelnost?	192
Jednota multiverz	194
Posun názorů: mnoho světů anebo mnoho slov?	199

ČÁST TŘETÍ POHLED S ODSTUPEM 205

Kapitola 9.	Vnitřní realita, vnější realita a realita konsenzu	206
	Vnější realita a vnitřní realita	207
	Celá pravda a nic než pravda	208
	Realita konsenzu	209
	Fyzika: spojení vnější reality s realitou konsenzu	212
Kapitola 10.	Fyzikální realita a matematická realita	214
	Matematika, všude je matematika!	217
	Hypotéza matematického vesmíru	223
	Co je matematická struktura?	229
Kapitola 11.	Je čas pouhou iluzí?	239
	Jak by mohla být fyzikální realita matematickou?	239
	Co jste?	246
	Kde jste? (A co vnímáte?)	255
	Kdy jste?	262
Kapitola 12.	Multiverzum úrovně IV	278
	Proč věřím v multiverzum úrovně IV	278
	Průzkum multiverza úrovně IV - jaké je?	282
	Důsledky multiverza úrovně IV	293
	Žijeme v simulaci?	301
	Souvislosti mezi H _{MV} , multiverzem úrovně IV a jinými hypotézami	305
	Testování multiverza úrovně IV	306
Kapitola 13.	Život, náš vesmír a vůbec	311
	Jak velká je naše fyzikální realita?	312
	Budoucnost fyziky	317
	Budoucnost našeho vesmíru - jak skončí?	318
	Budoucnost života	322
	Vaše budoucnost - jste bezvýznamný?	340
	Poděkování	347
	Doporučená četba	348
	Rejstřík	353

CO JE REALITA?

... stromy jsou tvořeny hlavně ze vzduchu. Když je spálíme, změní se zpět na plyny a v teple plamenů se uvolní sálající teplo Slunce, jež bylo spoutáno při přeměně vzduchu na strom. A ve zbylém popelu najdeme onu nepatrnou část, která nepochází ze vzduchu, ale z pevné půdy země.

Richard Feynman

*Jsou věci mezi nebesy a zemí,
o nichž se filozofům ani nesní.*

William Shakespeare, *Hamlet*, 1. jednání, scéna 5

NIKOLI TO, ČÍM SE ZDÁ BÝT

V příští vteřině jsem zemřel. Přestal jsem šlapat do pedálů a zmáčkl brzdy, ale bylo už příliš pozdě. Světlomety. Mřížka chladiče. Čtyřicet tun oceli, zběsile troubících jako novodobý drak. Spatřil jsem děs v očích řidiče kamionu. Čas prudce zpomalil svůj běh a před očima mi ve zkratce prolétl celý život. Poslední myšlenkou mého života bylo „Snad je to jenom noční můra“. Bohužel jsem však jasně cítil, že je to realita.

Jak jsem si ale mohl být tak jist, že se mi všechno nezdá? Co kdybych těsně před nárazem spatřil cosi, co je možné pouze ve světě snů, třeba svou už mrtvou učitelku Ingrid, jak živá a zdravá sedí za mnou na nosiči kola? Anebo se před pěti vteřinami mohlo odkudsi v levém horním rohu mého zorného pole objevit okénko počítačového programu s varovným nápisem „Fakt myslíš, že je dobrý nápad vyřítit se z tohoto podjezdu, aniž by ses kouknul doprava?“, hned nad dvěma klikacími tlačítky „Pokračuj“ a „Storno“? Kdybych zhlédl hodně filmů jako *Matrix* anebo *Třinácté patro*, třeba bych začal uvažovat o tom, že celý můj život je jenom počítačová simulace, a mnohé moje klíčové představy o podstatě reality by byly rázem zpochybněny. Nic takového se však nestalo a já umřel, jist si tím, že můj problém je skutečný. Koneckonců, co může být pevnější a reálnější než čtyřicetitonový kamion?

Ale ne všechno kolem je ve skutečnosti takové, jak se nám jeví na první pohled. A platí to dokonce i o kamionech a každodenní realitě. Myslí si to nejen někteří filozofové či autoři vědecko-fantastických románů, ale též experimentální fyzikové.

1. CO JE REALITA?

Fyzika už celé století dobře ví, že pevná ocel je z podstatné části jenom prázdný prostor, neboť atomová jádra tvořící 99,95 % veškeré hmotnosti jsou jen nepatrné „kuličky“ zabírající 0,000000000001 % objemu. Tohle skoro-vakuum působí pevně pouze proto, že elektrické síly, díky nimž jsou jádra od sebe oddělená, jsou opravdu mohutné. Podrobná zkoumání subatomárních částic navíc prokázala, že dokážou být na mnoha různých místech současně, což je slavná záhada stojící v samém srdci kvantové fyziky (prozkoumáme ji v sedmé kapitole). Ale i já sám jsem poskládán z takovýchto částic. Takže když ony mohou být současně na různých místech, tak proč ne já? Tři vteřiny před srážkou s kamionem jsem se opravdu podvědomě rozhodoval, jestli se kouknu jenom doleva, tak jako vždy, když jsem doma ve Švédsku jezdil na kole do Blackebergského gymnázia, anebo se pro jistotu tentokrát podívám i doprava, přestože odtud skoro nikdy nepřijížděla žádná auta. Toto moje osudové rozhodnutí onoho rána roku 1985 skončilo tím, že jsem se ocitl doslova jen nepatrný krůček od prahu jisté smrti. A o všem rozhodoval snad jen jediný atom sodíku. Na něm záviselo, jestli vstoupí do konkrétního synaptického spoje v mém čelním mozgovém laloku, čímž způsobí, že určitý neuron vyšle elektrický signál, jenž spustí celý řetězec aktivity spousty dalších neuronů mého mozku, které jako celek kódují „Neobtěžuj se“. Takže kdyby onen sodíkový atom byl na počátku ve dvou různých stavech najednou, pak o zlomek vteřiny později by moje zorničky mířily do dvou různých stran současně a dvě vteřiny nato by moje kolo bylo na dvou různých místech současně a záhy bych byl současně mrtvý i živý. Přední světoví experti na kvantovou fyziku se vášnivě přou, jestli se něco takového opravdu děje, jestli se náš svět neustále štěpí na paralelně existující vesmíry s odlišnými historiemi, anebo zdali je nutné určitým způsobem doplnit takzvanou Schrödingerovu rovnici, což je hlavní zákon kvantového vývoje. Takže co já? Opravdu jsem umřel? V tomhle světě jsem doslova o vlasek unikl smrti, ale v jiném, stejně reálném světě, kde tato kniha nikdy nemohla vzniknout, jsem zahynul? Jsem-li opravdu současně mrtvý i živý, jsme schopni zmodifikovat naše pojetí reality tak, aby všechno dávalo nějaký smysl?

Domníváte-li se, že tohle všechno je absurdní a že soudobá fyzika jenom zamlžuje jednoduché věci a zbytečně je komplikuje, pak vezte, že záležitost se zašmodrchá ještě více, uvážíme-li, jak bych ji vnímal já osobně. Nacházím-li se na dvou různých místech ve dvou paralelních vesmírech, pak v jedné své kopii přežiju. Aplikujeme-li stejné úvahy i na všechny ostatní možnosti, kdy a jak mohu v budoucnu zemřít, vypadá to, že vždy bude existovat alespoň jeden paralelní vesmír, ve kterém nikdy nezemřu. A protože moje vědomí existuje pouze tam, kde jsem přežil, znamená to, že subjektivně vnímáno budu nesmrtelný? Pokud ano, budete také vy subjektivně nesmrtelní a časem se stanete nejstarším člověkem na Zemi? Na tyto otázky odpovíme v osmé kapitole.

Překvapuje vás, že fyzika odhalila, že naše realita je mnohem podivnější, než jsme si dokázali představit? Nuže, nijak překvapivé to vlastně není, vezmeme-li vážně darwinovskou evoluci! Evoluce nás obdařila intuicí jenom pro ty aspekty fyziky, které

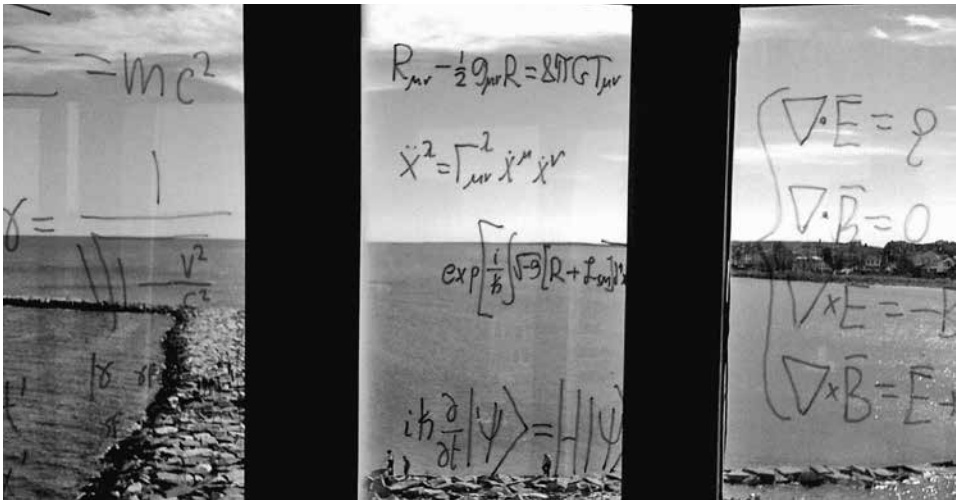
byly nezbytné pro přežití našich dávných předků, například pro parabolickou dráhu letících kamenů (což objasňuje zálibu mnohých lidí v baseballu). Jeskynní žena, jež by se příliš zahloubala do úvah o podstatě hmoty, by si nejspíš nevšimla tygra plížícího se jí za zády a její geny by tím byly nadobro vyřazeny ze seznamu. Darwinova teorie tak dává testovatelnou předpověď, totiž že kdykoli nám nějaká nová technika umožní nahlédnout o něco dále za hranice všední reality, dostane se naše evolucí získaná zkušenost do potíží. Tuto předpověď jsme otestovali už mnohokrát a výsledky Darwinovu teorii plně podporují. Einstein si uvědomil, že při velmi vysokých rychlostech se běh času zpomaluje, a starým mrzoutům ze švédského Nobelova výboru to přišlo natolik podivné, že mu odmítli udělit Nobelovu cenu za jeho teorii relativity. Při velmi nízkých teplotách může tekuté helium téct vzhůru. Při velmi vysokých teplotách mohou částice měnit svoji identitu: když se elektron srazí s pozitronem a vytvoří boson Z, přijde mi to asi tak intuitivní, jako kdyby se srazila dvě auta a vznikla z toho výletní loď. Na mikroskopických rozměrových škálách se částice vyskytují schizofrenicky na mnoha místech současně, což vede k zapeklité kvantové záhadě zmíněné výše. Na astronomických škálách – jaké to překvapení! – na nás číhají zase jiné podivnosti: pokud intuitivně rozumíte všem aspektům fyziky černých děr, pak patříte k nepatrné menšině lidstva. Měli byste okamžitě odložit tuto knihu, napsat svou vlastní a publikovat ji dříve, než vám někdo jiný vyfoukne nobelovku za kvantovou gravitaci. A když se vydáme do ještě větších rozměrů, čekají nás další podivnosti ohledně reality, která je neporovnatelně rozlehlejší, než jakou dokážeme spatřit našimi nejlepšími teleskopy. V páté kapitole uvidíme, že dnes nejoblíbenější teorie velmi raného vesmíru se jmenuje *kosmologická inflace*, a ta tvrdí, že prostor nejenže je opravdu, opravdu veliký, ale že je ve skutečnosti nekonečný a že obsahuje nekonečně mnoho přesných kopií vás samých a ještě mnohem více přibližných kopií, které žijí všechny možné varianty vašeho života, a to hned ve dvou různých typech paralelních světů. Jestliže je tato teorie správná, znamená to, že i kdyby ve výše uvedených kvantově-fyzikálních argumentech ohledně mé vlastní kopie, která už nikdy nedojela do školy, byla nějaká chyba, přesto by v paralelních slunečních soustavách existoval bezpočet jiných Maxů, kteří by žili stejný život jako já až do onoho osudného okamžiku, ale pak by se rozhodli podívat se doprava.

Jinými slovy: fyzikální objevy zpochybňují některé naše nejzákladnější představy o realitě, a to *jak směřem do mikrokosmu, tak směřem do makrokosmu*. Jak uvidíme v jedenácté kapitole, mnohé představy o realitě lze zpochybnit i na lidských rozměrových škálách, ponoříme-li se do neurovědy pátrající po fungování našich mozků.

V neposlední řadě pak také víme, že další klíčové okno do fungování přírody nám poskytují matematické rovnice, což metaforicky vystihuje obrázek 1.1. Jak je ale možné, že náš fyzikální (reálný) svět vykazuje tak mimořádnou matematickou pravidelnost, že i astronomický superhrdina Galileo Galilei o přírodě prohlásil, že je „knihou napsanou jazykem matematiky“, a že nositel Nobelovy ceny Eugene Wigner pokládal „nepochopitelnou efektivitu matematiky ve fyzikálních vědách“ za záhadu, jež si žádá vysvětlení? Odpovědět na tuto otázku je hlavním cílem této knihy, jak

1. CO JE REALITA?

naznačuje už její název. V desáté až dvanácté kapitole uvedeme pozoruhodné souvislosti mezi počítáním, matematikou, fyzikou a myšlením a prozkoumáme můj možná bláznivý názor, že náš fyzikální (reálný) svět je pomocí matematiky nejen *popsatelný*, ale že sám je matematikou, což z nás samých činí sebe-vědomé části gigantického matematického objektu. Uvidíme, že důsledkem této představy je nový a vrcholný soubor paralelních světů, natolik rozsáhlý a exotický, že všechny dosud zmíněné bizarnosti ve srovnání s touto zblednou a donutí nás vzdát se mnoha našich hluboce zakořeněných představ o realitě.



Obrázek 1.1: Pohlédneme-li na realitu skrze fyzikální rovnice, spatříme, že podávají její schematický obraz plný pravidelností a souměrností. Pro mne však je matematika něčím více než pouhým oknem do vnějšího světa: v této knize předložím argumenty, že náš fyzický svět je matematikou nejen *popsatelný*, ale že sám je matematikou. Přesněji řečeno: matematickou strukturou.

JAK ZNÍ OTÁZKA OTÁZEK?

Už od svých prvních kroků po Zemi si naši lidští předkové bezpochyby lámali hlavu nad realitou, hloubali nad závažnými otázkami existence. *Odkud se všechno vzalo? Jak skončí svět? Jak je velký?* Jsou to natolik fascinující otázky, že téměř všechny kultury v dějinách lidstva se s nimi potýkaly všude na zeměkouli. Svě odpovědi na ně pak předávaly z generace na generaci ve formě propracovaných mýtů o stvoření, legend a náboženských doktrín. Jak naznačuje schéma na obrázku 1.2, zmíněné otázky jsou příliš obtížné, takže ze všemožných odpovědí nevznikla žádná globální a jednotná idea. Než aby lidské kultury postupně konvergovaly k unikátnímu světovému názoru, jenž by mohl aspirovat na konečnou pravdu, rozličné odpovědi se naopak diametrálně liší. Přinejmenším část těchto odlišností padá na vrub specifických způsobů života různých společností. Například všechny mýty o stvoření světa ze starověkého

JAK ZNÍ OTÁZKA OTÁZEK?

Egypta, v němž půda za svou úrodnost vděčila řece Nil, vycházely z představy, že náš svět povstal z vody. V mém rodném Švédsku, kde o přežití rozhodoval oheň a led, severská mytologie naopak hlásala, že život se zrodil (jaké to překvapení!) z ohně a ledu.

Je náš vesmír nekonečně starý?	Bude náš vesmír existovat věčně?	Existují i jiné vesmíry?	Pokud něco stvořilo náš vesmír, co to bylo?
ANO: buddhismus hinduismus NE: Ahmadija Apačové Aztékové Babyloňané baháismus Egyptané Hopiové islám judaismus křesťanství Mayové rastafariáni Řekové Seveřané Sumerové zoroastrismus	ANO: buddhismus hinduismus Řekové Seveřané zoroastrismus NE: Ahmadija Apačové Aztékové Babyloňané baháismus Egyptané Hopiové islám judaismus křesťanství Mayové rastafariáni Sumerové	ANO: hinduismus NE: Ahmadija Apačové Aztékové Babyloňané baháismus buddhismus Egyptané Hopiové islám judaismus křesťanství Mayové rastafariáni Řekové Seveřané Sumerové zoroastrismus	

Obrázek 1.2: Řada kosmologických otázek, kterými se v této knize budeme zabývat, fascinovala myslitele už od pradávna, ale žádného obecného konsenzu se nepodařilo dosáhnout. Zde uvedená klasifikace vychází z prezentace, kterou v roce 2011 připravil student MIT David Hernandez pro můj kurz kosmologie. Protože klasifikace je zjednodušením skutečnosti, je nutno brát ji s velkou rezervou: spousta náboženství se větví na různé proudy a interpretace, některé by proto bylo možné zařadit i do více kategorií. Například hinduismus obsahuje aspekty všech tří zde uvedených možností stvoření: podle jedné z legend se bůh stvořitel Brahma (znázorněný zde) i náš vesmír vynořili z vejce, které povstalo z vody.

I další velké otázky, které si kladly dávné kultury, byly zásadní povahy. *Co je skutečnost? Existuje i jiná realita než ta, kterou vidíme očima? Ano!*, odpověděl před více než dvěma tisíciletími Platón. Ve své slavné analogii s jeskyní nás připodobnil k lidem, kteří žijí celý svůj život upoutani v jeskyni, hledí před sebe na prázdnou stěnu a tam vidí stíny věci pohybujících se za jejich zády. Nakonec dojdou k mylnému závěru, že stíny představují veškerou realitu. Platón tvrdil, že to, co my lidé pokládáme za každodenní realitu, je v obdobném smyslu jenom omezená a pokřivená reprezentace skutečnosti a že se musíme osvobodit z duševních okovů, abychom ji začali správně nazírat.

Jestli mě život, který jsem prožil coby fyzik, vůbec něčemu naučil, pak tomu, že Platón měl pravdu: moderní fyzika jasně ukázala, že konečná podstata reality je zcela jiná, než jak se nám na první pohled jeví. Pokud ale není realita taková, jak jsme se domnívali, tak jaká tedy je? Jaký je vztah mezi vnitřní realitou v naší mysli a realitou vnější? Z čeho je vše v posledku utvořeno? Jak to všechno funguje? A proč? Dává vše dohromady vůbec nějaký smysl, a pokud ano, tak jaký? Douglas Adams ve své vtipné sci-fi *Stopařův průvodce Galaxií* vznáší otázku: „Jaká je odpověď na základní otázku života, vesmíru a vůbec?“

Myslitelé napříč věky nám poskytli fascinující spektrum možných odpovědí na otázku „Co je realita?“. Buď se sami pokusili na ni nějak odpovědět, anebo se

1. CO JE REALITA?

Některé odpovědi na otázku „Co je realita?“	
Otázka má smysluplnou odpověď	Pohybující se elementární částice Země, voda, vzduch, oheň a kvintesence Pohybující se atomy Pohybující se struny Kvantová pole v zakřiveném prostoru M-teorie (dosadte si své oblíbené velké počáteční písmenko...) Výtvor Boží Sociální konstrukt Neurofyziologický konstrukt Sen Informace Simulace (à la <i>Matrix</i>) Matematická struktura Multiverzum úrovně IV
Otázka postrádá smysluplnou odpověď	Realita existuje, ale my lidé ji nemůžeme úplně poznat: nemáme přístup k tomu, co Immanuel Kant nazval „das Ding an sich“. Realita je ze své podstaty nepoznatelná. Nejenže ji neznáme, ale nedokázali bychom ji vyjádřit, ani kdybychom ji poznali. Věda je jenom jazyková hra (postmoderní odpověď Jacquese Derridy a dalších). Realita existuje pouze v našich hlavách (konstruktivistická odpověď). Realita neexistuje (solipsismus).

pokusili otázku zavrhnout. Zde je pár příkladů (seznam si pochopitelně nečiní nárok na úplnost a nadto se některé z alternativních odpovědí navzájem nevylučují).

Tato kniha (a dokonce i celá moje vědecká kariéra) je pokusem vypořádat se s uvedenou otázkou. Jedním z důvodů, proč různí myslitelé přišli s tak pestrou nabídkou odpovědí, je zjevně fakt, že se rozhodli interpretovat otázku každý svým vlastním způsobem. Takže vám dlužím vysvětlení, jak tuto otázku chápu já a jak k ní přistupuji. Slovo *realita* může mít celou řadu různých významů. Já osobně tím myslím nejhlubší podstatu vnějšího fyzikálního (reálného) světa, jehož jsme součástí. Fascinuje mě úsilí mu lépe porozumět. Jaký je tedy můj přístup?

Kdysi na střední škole jsem jednoho večera začal číst detektivku *Smrt na Nilu* od Agathy Christie. Přestože jsem si byl dobře vědom, že budík začne řinčet v sedm ráno, nedokázal jsem se od knihy odtrhnout, dokud se záhada vraždy nevyjasnila. Bylo to kolem čtvrté nad ránem. Už od dětství mě detektivní příběhy neodolatelně přitahovaly, a když mi bylo dvanáct, založili jsme se spolužáky Andreasem Bettem, Matthiasem Bothnerem a Olou Hanssonem detektivní klub. Žádného zločince jsme nikdy nechytili, ale touha řešit záhady jítřila mou představivost. Otázka „Co je realita?“ je pro mne ve své podstatě detektivním příběhem všech příběhů a osobně pokládám za obrovské štěstí, že mu mohu věnovat tolik času. V následujících kapitolách budu mít příležitost popsat i jiné situace, kdy mě moje zvědavost donutila

VÝPRAVA ZAČÍNÁ

ponocovat do časných ranních hodin, než se mi podařilo záhadu objasnit. Rozdíl byl jenom v tom, že na rozdíl od četby šlo o vlastní psaní. A byly to řetězce matematických vzorců, o nichž jsem věděl, že mě nakonec dovedou k hledané odpovědi.

Jsem fyzik a k záhadám reality proto přistupuji fyzikálně. To pro mne znamená začít zásadními otázkami „Jak velký je vesmír?“ a „Z čeho je všechno uděláno?“ a řešit je stejným způsobem jako detektivní záhady: kombinovat chytrá pozorování s rozumovými úvahami a vytrvale sledovat všechny stopy, ať už nás zavedou kamkoli.

VÝPRAVA ZAČÍNÁ

Fyzikální přístup? Cožpak to není spolehlivá metoda, jak z čehokoli vzrušujícího udělat nudnou záležitost? Když se mě spolucestující v letadle zeptá, jaké je moje povolání, mám dvě možnosti. Mám-li chuť si povídat, řeknu „astronomie“, což spolehlivě odstartuje zajímavý rozhovor.* Když ale na povídání náladu nemám, řeknu „fyzika“. V tom okamžiku souseď většinou odvětví cosi jako „Aha, to byl pro mne ten nejhorší předmět na škole“, a zbytek letu mě už nechá na pokoji.

Ano, i *pro mě* byla fyzika nejméně oblíbený předmět na střední škole. Dodnes si pamatuji první hodinu fyziky. Učitel nám monotónním a uspávajícím hlasem oznámil, že se budeme učit o hustotě. Že hustota je hmotnost dělená objemem. Takže když je hmotnost bla a hmotnost je bla, tak můžeme spočítat, že hustota je bla bla. Pak si pamatuji už jenom velkou mlhu. A to, že kdykoli se učiteli nepovedl nějaký pokus, sváděl to na vlhkost vzduchu a tvrdil, že „Dneska ráno to fungovalo“. A také že moji spolužáci nedokázali pochopit, proč jim pokus nefunguje, než si všimli, že jsem jim zlomyslně dal pod jejich osciloskop magnet...

Když jsem měl podat přihlášku na vysokou školu, nezvolil jsem proto fyziku ani žádný technický obor a vstoupil na Stockholmskou ekonomickou školu, kde jsem se zaměřil na otázky životního prostředí. Toužil jsem přispět svým skromným dílem k záchraně planety a zlepšení života na ní. Měl jsem pocit, že hlavní problém nespočívá v nedostatku technických řešení, ale v tom, že stávající technologie nevyužíváme dobře. Myslel jsem si, že nejlepší způsob, jak ovlivnit chování lidí, vede přes jejich peněženky. Zaujala mne myšlenka tvorby vhodných ekonomických stimulů, jež by individuální egoismus jedinců nasměrovaly k všeobecnému prospěchu. Brzy jsem ale prošel deziluzí a poznal, že ekonomie je z velké části jen formou intelektuální prostituce, v níž jsou aktéři odměňováni za to, že říkají, co chtějí slyšet mocní tohoto světa. Ať už chce politik udělat cokoli, vždycky se mu podaří najít ekonomického poradce, jenž bude argumentovat v kýženém duchu. Franklin D. Roosevelt chtěl zvýšit vládní výdaje, a tak naslouchal Johnu Maynardu Keynesovi, zatímco Ronald Reagan chtěl vládní výdaje snížit, a tak naslouchal Miltonu Friedmanovi.

Potom mi spolužák Johan Oldhoff věnoval knihu, která úplně změnila můj život: *To nemyslíte vážně, pane Feynmane!*. Richarda Feynmana jsem nikdy nepotkal,

* Konverzace obvykle začíná: „Aha, astrologie! Já jsem ve znamení Panny.“ Když místo toho dám přesnější odpověď „kosmologie“, dostane se mi reakce „Aha, kosmetologie!“ – a další dotazy se týkají očních linek a řasenek.

1. CO JE REALITA?

ale kvůli němu jsem se stal fyzikem. I když kniha vlastně není o fyzice a zabývá se spíše tím, jak otevírat zámky sejfů a jak balit ženské, čtením mezi řádky jsem pocítil, že tenhle chlapík prostě fyziku miluje. Což mě opravdu zaujalo. Když vidíte normálně vypadající chlápka, jak jde zavěšený do nádherné ženy, začnete uvažovat o tom, jestli vám něco podstatného neuniklo. Podle všeho v něm ona žena odhalila nějaké skryté kvality. Náhle jsem i já pocítil totéž ve vztahu k fyzice: co mi zcela uniklo na střední škole, ale Feynman to spatřil?

Tuhle záhadu jsem prostě musel objasnit, takže jsem si sedl s prvním svazkem *Feynmanových přednášek z fyziky*, který jsem objevil v tátově knihovně, a začal číst: „Kdyby se v nějakém kataklyzmatu měly zničit všechny vědecké poznatky a dalším generacím by mohla zůstat jenom jediná věta, jaké tvrzení by obsahovalo nejbohatší informaci sestavenou z nejmenšího počtu slov?“

Páni, tenhle chlápek byl *úplně jiný* než můj učitel fyziky ze střední školy! Feynman pokračoval: „Jsem přesvědčený, že je to ... fakt ..., že všechny věci se skládají z atomů - nepatrných částic, které se neustále pohybují, přitahují se navzájem, dostanou-li se blízko k sobě, ale naopak odpuzují, pokud je k sobě stlačíme příliš.“

V hlavě se mi okamžitě rozsvítilo. Četl jsem dál a dál a dál, zcela okouzlen. Měl jsem pocit doslova nábožného vytržení. Konečně jsem našel tu pravou věc! Zažil jsem zjevení, které objasnilo, co mi tak dlouho unikalo a co Feynman věděl: že fyzika je nejvyšším intelektuálním dobrodružstvím, velkou výpravou za pochopením nejhlubších tajemství vesmíru. Fyzika neznamenaá vzít něco fascinujícího a udělat z toho nudnou záležitost. Místo toho nám pomáhá vidět věci jasněji, světu kolem nás přidává na kráse a úžasnosti. Když v podzimním čase jedu na kole do práce, vidím nádheru stromů oděných do červena, oranžova a zlatova. Ale pohled na tyto stromy prizmatem fyziky v nich odhaluje ještě hlubší krásu, jak vystihuje Feynmanův citát v záhlaví této kapitoly. A čím hlouběji se na danou věc zadívám, tím elegantnější pohled se mi naskytne. Ve třetí kapitole uvidíme, že stromy mají svůj počátek ve hvězdách, a v osmé kapitole shledáme, že studium jejich stavebních bloků naznačuje existenci paralelních světů.

V té době jsem měl přítelkyni, která studovala fyziku na Královském technickém institutu. Její učebnice mi přišly mnohem zajímavější než ty moje. Náš vztah nevydržel, ale moje láska k fyzice ano. Protože vysokoškolské studium ve Švédsku bylo volné, zapsal jsem se na její univerzitu, aniž jsem úředníkům Stockholmské ekonomické školy řekl o svém tajném dvojím životě. Tím oficiálně začalo mé detektivní pátrání, a předkládaná kniha je zprávou o něm sepsanou o čtvrt století později.

Takže co je realita? V této úvodní kapitole s dosti odvážným názvem jsem vám nechtěl arogantně prodat nějakou definitivní odpověď (i když různé pozoruhodné možnosti prozkoumáme v poslední části knihy), ale spíše vás pozvat, abyste mě doprovodili na mé osobní výzkumné výpravě, a podělit se s vámi o své vzrušení a poznatky vyvolané vábivými záhadami. Stejně jako já i vy možná dojdete k poznání, že ať už je realita jakákoli, nesmírně se liší od toho, co jsme si o ní kdysi mysleli. A že v hlubině našich každodenních životů se skrývá fascinující tajemství. Doufám,

VÝPRAVA ZAČÍNÁ

že i vy, tak jako já, nahlédnete své každodenní problémy, jako jsou parkovací lístky a různé zármutky, z neotřelé perspektivy, jež vám usnadní brát je s klidným srdcem a plně se soustředit na radosti života a jeho četná tajemství.

Když jsem poprvé probíral ideu této knihy se svým agentem Johnem Brockmanem, dal mi jasný příkaz: „Nechci žádnou učebnici – chci tvoji knihu.“ Proto je kniha de facto vědeckou autobiografií. Přestože obsahuje víc informací o fyzice než o mé osobě, rozhodně to není obvyklá populárně-naučná kniha, která se snaží o nestranný přehled fyziky, odráží převládající názor fyzikální komunity a poskytuje vyvážený prostor všem protichůdným názorům. Je to spíše jen osobní výprava za poznáním nejhlubší podstaty reality. Doufám, že najdete potěšení v možnosti nahlédnout ji mýma očima. Spolu pak zhodnotíme stopy, které osobně pokládám za nejzajímavější, a pokusíme se z nich vydedukovat, co to všechno znamená.

Naši výpravu začneme shrnutím, kterak se kontext otázky „Co je realita?“ zásluhou vědeckých revolucí měnil, když fyzika umožnila vrhnout nové světlo na naši vnější realitu od těch největších škál (kapitoly 2-6) po škály nejmenší (kapitoly 7-8). V první části knihy se budeme zabývat otázkou „Jak velký je vesmír?“, přičemž finální odpověď budeme hledat pohledem do čím dál vzdálenějších hlubin kosmu, pak prozkoumáme náš kosmický původ i dva typy paralelních světů a spatříme indicie, že náš prostor je v určitém smyslu matematický. Ve druhé části knihy budeme systematicky zkoumat otázku „Z čeho je všechno složeno?“: vydáme se do subatomárního mikrosvěta, prozkoumáme třetí typ paralelního vesmíru a spatříme indicie, že základní stavební bloky hmoty jsou také v určitém smyslu matematické. Ve třetí části knihy trochu poodstoupíme a zamysleme se nad tím, co tohle všechno znamená pro fundamentální podstatu reality. Začneme argumentem, že náš

Jak číst tuto knihu?		Skální čtenář naučných knih				
		Zájeme o vědu	Fyzik	Název kapitoly	Ústřední téma	Status
Pohled zdálky (Jaká je realita na největších škálách?)	1	1	1	Co je realita?	Úvod	
	2	přeskočit ↓	přeskočit ↓	Naše místo v prostoru	Jak velký je prostor?	Hlavní proud
	3			Naše místo v čase	Historie našeho vesmíru	Hlavní proud
	4			Náš vesmír v číslech	Přesná kosmologie	Hlavní proud
5	Náš kosmický počátek			Kosmologická inflace	Hlavní proud	
Pohled zblízka (Jaká je realita na nejmenších škálách?)	6	6	6	Vítejte v multiverzu	Paralelní vesmíry úrovně I a II	Kontroverzní
	7	přeskočit ↓	přeskočit ↓	Kosmická lega	Kvantová mechanika	Hlavní proud
	8			Multiverzum úrovně III	Kvantové paralelní vesmíry	Kontroverzní
	9			Vnitřní a vnější realita	Role vědomí	Kontroverzní
10	Fyzikální a matematická realita			Idea že „realita je matika“	Velmi kontroverzní	
Pohled s odstupem (Je realita matematikou?)	11	11	11	Je čas pouhou iluzí?	Jak tomu dát smysl	Velmi kontroverzní
	12	12	12	Multiverzum úrovně IV	Nejzazší multiverzum	Velmi kontroverzní
	13	13	13	Život, náš vesmír a vůbec	Budoucnost vesmíru a lidstva	Kontroverzní

Obrázek 1.3: Jak číst tuto knihu. Pokud jste už přečetli hodně moderních populárně-naučných knih o vědě a máte pocit, že víte, co je zakřivený prostor, náš velký třesk, reliktní mikrovlnné záření, temná energie, kvantová mechanika atd., pak můžete přeskočit druhou, třetí, čtvrtou a sedmou kapitolu poté, co si přečtete „Shrnutí základních faktů“ na jejich koncích. A pokud jste profesionální fyzik, můžete přeskočit i pátou kapitolu. Avšak v mnoha dobře známých pojmech se ukrývají překvapivě jemné nuance, takže neumíte-li zodpovědět všech 16 otázek uvedených na začátku následující kapitoly, mohou pro vás být úvodní části knihy užitečné. Uvidíte také, jak z nich pozdější kapitoly logicky vycházejí.

1. CO JE REALITA?

dosavadní neúspěch porozumět lidskému vědomí nám nijak nebrání v kompletním pochopení vnější fyzikální reality. Poté se ponoříme do mé nejradikálnější a velmi kontroverzní představy, totiž že nejhlubší podstata reality je matematická. Degradujeme při tom známé pojmy, jako je nahodilost a složitost, a dokonce pozměníme obsah pojmu iluze, z čehož vyplyne existence čtvrté a nejzazší úrovně paralelních světů. Naši výpravu zakončíme ve třinácté kapitole návratem domu a prozkoumáme, jaké to vše má důsledky pro budoucnost života ve vesmíru, pro lidské pokolení a pro vás osobně. Cestovní plán najdete na obrázku 1.3 spolu s mými radami ohledně způsobu čtení. Čeká nás fascinující výprava. Vydejme se na ni!

SHRNUTÍ ZÁKLADNÍCH FAKTŮ

- Mám pocit, že nejdůležitější ponaučení, které nám o konečné podstatě reality poskytuje fyzika, zní, že ať už je realita jakákoli, hodně se liší od toho, jak se nám jeví.
- V první části této knihy se vydáme do velkých dálek a prozkoumáme fyzikální realitu na největších rozměrových škálách, od planet ke hvězdám, galaxiím, jejich kupám, našemu vesmíru a dvěma možným úrovním paralelních světů.
- Ve druhé části této knihy se vydáme do mikrosvěta a prozkoumáme fyzikální realitu na nejmenších rozměrových škálách, od atomů k ještě fundamentálnějšímu stavebnímu bloku, kde potkáme třetí úroveň paralelních světů.
- Ve třetí části podstoupíme a prozkoumáme konečnou podstatu této podivné fyzikální reality, uvážíme možnost, že je ryze matematické povahy, konkrétně že se jedná o matematickou strukturu, která je součástí čtvrté a nejzazší úrovně paralelních světů.
- *Realitou* myslí různí lidé spoustu různých věcí. Já toto slovo používám ve smyslu konečné podstaty vnějšího fyzikálního (reálného) světa, jehož jsme součástí, a už od dětství mě inspirovala a fascinovala snaha lépe jí porozumět.
- Tato kniha je o mé osobní výzkumné výpravě za podstatou reality - připojte se, prosím!

ČÁST PRVNÍ

POHLED ZDÁLKY

NAŠE MÍSTO V PROSTORU

Prostor ... je velký. Opravdu velký. Nevěřili byste, jak obrovsky a nesmírně úžasně je velký.
Douglas Adams, *Stopařův průvodce Galaxií*

KOSMICKÉ OTÁZKY

Zvedá ruku a já naznačuji, že je úplně v pořádku, když mi položí otázku. „Pokračuje prostor donekonečna?“ táže se.

Čelist mi poklesla. Páni. Zrovna jsem dokončil svou krátkou přednášku o astronomii v dětském koutku, což byl můj odpolední program pro děti ve Winchesteru. Tahle strašně roztomilá skupinka předškoláků sedí na zemi, kouká na mne všetečnými očima a čeká, co řeknu. A ten pětiletý klučina mi zrovna položil otázku, na kterou nedokážu odpovědět! Vážně, na tenhle dotaz nezná odpověď nikdo na celé planetě. A přitom nejde o nějakou absurdní metafyzickou záležitost, ale o vážnou vědeckou otázku. Různé teorie, o nichž vám záhy povím, na ni dávají různé odpovědi, a díky stále probíhajícím experimentům se o ní dozvídáme pořád víc. Opravdu si myslím, že to je zcela zásadní otázka týkající se podstaty fyzikální reality. Jak uvidíme v páté kapitole, tato otázka nás zavede dokonce do dvou různých typů paralelních světů.

V důsledku pravidelného sledování zpráv o světových událostech se postupem let stávám čím dál pesimističtější, ale během několika málo sekund dokázal ten předškolák nesmírně povzbudit mou víru v tvůrčí schopnosti lidstva. Jestliže pětileté dítě umí zformulovat tak hlubokou myšlenku, co asi dokážeme my všichni dospělí, dostaneme-li vhodnou příležitost! Onen chlapec mi znovu připomněl nesmírný význam správně vedené výuky. My všichni se rodíme s vrozenou zvědavostí, ale v určité chvíli ji v nás škola obvykle potlačí. Mám intenzivní pocit, že mou hlavní zodpovědností učitele není poskytovat fakta, ale znovu rozdmýchat ztracené nadšení klást otázky.

Zbožňuji otázky. Hlavně ty zásadní. Mám vážně štěstí, že mohu trávit takovou spoustu času potýkáním se se zajímavými otázkami. Pokládám za ohromné štěstí, jež předčilo všechna moje očekávání, že tahle aktivita se stala mojí profesí a že se jí dokonce mohu živit. Zde je můj seznam šestnácti hlavních otázek, na které se mě lidé obvykle ptají: