

## **Dostat se k tomu**

*Vesmír není tím, čím býval, ani tím, čím se jeví být.*

O čem že to všechno je? Ti, kdo uvažují o širém světě kolem sebe, o různorodých a často ohromujících životních zkušenostech a o perspektivě smrti, jsou nuceni si tuto otázku klást. Při hledání odpovědi čerpáme z mnoha pramenů: ze starých textů a trvajících tradic, z lásky a moudrostí jiných lidí, z kreativních výtvorů hudebního a jiného umění. Každý z těchto zdrojů má co nabídnout.

Logicky prvním krokem v pátrání po odpovědích by ovšem mělo být porozumění, co to je to „to“. Náš svět sám má o sobě také co říci a jsou to věci důležité a překvapující. A o tom je tato kniha. Chci obohatit vaše chápání právě toho, co to je „to“, v čem se vy i já nalézáme.

### **Modely světa a naše smysly**

Začněme zjištěním, že své představy o světě budujeme z podivného stavebního materiálu, který čerpáme pomocí nástrojů, jimiž nás evoluce vybavila. Těmito nástroji zpracováváme signály valící se na nás z vesmíru, jenž překypuje informacemi, a my je filtrujeme do velmi nečetných proudů dat.

Nástroje? Proudů dat? Máme pro ně i obvyklejší názvy: zrak, sluch, čich a tak dále. A jaké proudy dat? Z moderního hlediska zrak zkoumá vzorky elektromagnetického záření procházejícího jemnými otvory v našich očích, registruje však jen úzkou duhu barev, vsazenou do mnohem širšího spektra. Náš sluch monitoruje tlak vzduchu na našich ušních

bubincích, čich provádí rafinovanou chemickou analýzu vzduchu dorážejícího na naše nosní sliznice. Ostatní smysly nám poskytují hrubou informaci o celkovém zrychlení těla (kinestetický smysl), o teplotách a tlacích na jeho povrchu (hmat), o hrstce hrubých měření chemického složení hmoty na našem jazyku (chuť) a některých dalších maličkostech.

Tyto smyslové systémy umožnily našim předkům – právě tak jako umožňují i nám – vybudovat si bohatý, dynamický model světa, který jim dával – a nám dává – schopnost účinně reagovat. Nejdůležitějšími složkami tohoto modelu světa jsou víceméně stabilní objekty (ostatní lidé, zvířata, rostliny, skály... Slunce, hvězdy, mraky...), z nichž některé se kolem nás pohybují, některé jsou nebezpečné, některé chutné k jídlu a jiné – zvláštní, zajímavý a vzácný druh – žádoucí partner.

Přístroje zdokonalili naše smysly a odhalí nám bohatší svět. Když se Antonie van Leeuwenhoek v sedmdesátých letech 17. století zadíval prvními dobrými mikroskopy na živý svět, spatřil zcela netušené, skryté řády bytí. V okamžiku objevil bakterie, spermie a svazkovou strukturu svalových vláken. V dnešní době jsme schopni vystopovat původ mnoha nemocí (a mnoha blahodárných dějů) až k bakteriím. Základy dědičnosti dokážeme dohledat (samozřejmě jen z poloviny) až po nepatrné spermie. A naše schopnost pohybovat se je založena na oněch svazcích svalových vláken. Podobně když Galileo Galilei koncem roku 1609 poprvé zamířil svůj dalekohled na oblohu, odkryl nová bohatství: spatřil postupně skvrny na Slunci, hory na Měsíci, měsíce kolem Jupitera a v Mléčné dráze množství hvězd.

Tím nejhlubším „zařazením“ zdokonalujícím naše smysly je však přemýšlející mysl. Ta nám umožňuje si uvědomit, že svět je v mnoha směrech něčím zcela odlišným od toho, co nám ukazuje oko. Ve světě je mnoho klíčových skutečností, které se našim smyslům *neodhalují*. Přehledka ročních období a jim v patách kráčejí roční cyklus východů a západů

Slunce, noční cirkulace hvězd po obloze spolu s rafinovanějšími, byť předpověditelnými pohyby Měsíce a planet a jejich souvislost se zatměními a zákryty – tyto obrazce nevstupují do očí, uší ani nosu jako smyslové vjemy, a přesto je uvažující mysl postřehuje. A všimne-li si těchto pravidelností, brzy přijde i na to, že jsou *pravidelnější* než návyky, jež určují naše každodenní plány a očekávání. Ba co víc: ty hlubší, skryté pravidelnosti jsou připravené k výpočtům a ke geometrii; výstižněji řečeno, k matematické přesnosti.

Jiné skryté pravidelnosti se vynořily v jiné činnosti: v technické praxi a – překvapivě – i v umění. Krásným a historicky důležitým příkladem je tvorba strunných hudebních nástrojů. Kolem roku 600 před křesťanským letopočtem zpozoroval Pythagoras, že tóny na lyře znějí nejharmoničtěji tehdy, když poměr délek dvou stejně napjatých strun tvoří nějaký jednoduchý celočíselný zlomek. Inspirován tímto zjištěním, učinil Pythagoras a jeho následovníci pozoruhodný intuitivní skok. Přišli na myšlenku, že by mohl existovat model světa jiného druhu, který by byl méně závislý na našich smyslech, ale byl by v lepším souladu se skrytými harmoniemi přírody a nakonec i věrnějším obrazem skutečnosti. Takový je význam kréda pythagorejského bratrstva: „Všechny věci jsou čísla.“

Vědecká revoluce 17. století začala potvrzovat platnost oněch snů antického Řecka. Posléze vedla k Newtonovým zákonům pohybu a gravitace, jež umožnily přesné výpočty pohybu planet a komet a poskytly mocné prostředky popisu pohybu hmoty vůbec.

Přesto Newtonovy zákony působí v modelu světa, který je od naší každodenní intuice velmi odlišný. Jelikož newtonovský prostor je nekonečný a homogenní, nemají v něm Země a zemský povrch nějaké zvláštní umístění. Směry „nahoru“, „dolů“ a „stranou“ si jsou v základě podobné. Klid není nadřazen rovnoměrnému pohybu. Žádný z těchto pojmů nijak neodpovídá naší každodenní zkušenosti. Trápily Newtonovy

současníky, a dokonce i Newtona samého. (Byl nešťastný z relativity pohybu, ačkoli ta je logickým důsledkem jeho rovnic; aby jí unikl, postuloval existenci „absolutního“ prostoru, vzhledem k němuž je definován opravdový klid a opravdový pohyb.)

Další velký pokrok přišel v 19. století s Jamesem Clerkem Maxwellem a jeho rovnicemi pro elektřinu a magnetismus. Tyto rovnice zahrnuly širší okruh jevů, včetně jak dříve známých, tak i nově předpověděných druhů světla (dnes jim říkáme například ultrafialové záření a rozhlasové vlny), do precizního matematického modelu světa. Ale i tento velký pokrok si vyžádal přepracování a obrovské rozšíření našeho chápání skutečnosti. Zatímco Newton popisoval pohyb částic pod vlivem tíže, vyplňovaly Maxwellovy rovnice prostor „polí“ a „étery“. Podle Maxwella to, co naše smysly vnímají jako prázdný prostor, je ve skutečnosti domov neviditelných elektrických a magnetických polí, jež působí silami na hmotu, kterou pozorujeme. Tato pole, třebaže začínají jako matematické prostředky, vyskočí z rovnic do světa a začnou svůj vlastní život. Časově proměnná elektrická pole vytvářejí pole magnetická a proměnná magnetická pole zase pole elektrická. Tak se tato pole navzájem oživují, dávají povstat místním rozruchům, které se samy reprodukují. Šíří se rychlostí světla. A od Maxwellovy doby chápeme, že tyto rozruchy jsou to, čím je světlo.

Tyto objevy Newtonovy, Maxwellovy a celé řady dalších vynikajících lidí ohromně rozšířily lidskou představivost. Ale teprve ve fyzice 20. a 21. století se Pythagorovy sny přibližují k svému uskutečnění. S tím, jak se náš popis fundamentálních procesů stává úplnějším, vidíme víc a vidíme jinak. Hluboká struktura všehomíra se však zcela liší od struktury, kterou vidíme na jeho povrchu. Smysly, s nimiž se rodíme, nejsou „naladěny“ na naše nejúplnější a nejpřesnější představy o světě. Zvu vás, abyste svůj navyklý pohled na skutečnost začali rozšiřovat.

## Síla, smysl a metoda

V mládí jsem si hýčkal představu, že za vnějškem věcí se skrývají ohromné síly a tajuplné významy. Byl jsem nadšen kouzelnickými představeními a chtěl jsem se stát kouzelníkem. Má první kouzelnická souprava mě však hluboce zklamala. Poznal jsem, že za tajemstvím magie se neskrývá nějaká opravdová síla, jen triky.

Později mě fascinovalo náboženství, konkrétně římskokatolická víra, v níž jsem vyrostl. V hodinách náboženství jsem se dovídal, že pod zevnějškem věcí se skrývají tajné významy, ohromné síly, které lze ovlivňovat modlitbou a rituálem. Ale jak jsem toho věděl víc a víc o vědě, přišly mi některé pojmy a některá vysvětlení v starých textech jasně chybné; a jak jsem se dovídal víc o historii a historiografii (zaznamenávání historie), přišly mi některé příběhy v oněch textech velmi pochybné.

Nejvíc mě však nerozčarovalo to, že posvátné texty obsahovaly nepřesnosti, ale to, že ve srovnání s tím, čemu jsem se učil ve vědě, poskytovaly jen málo opravdu překvapujících a dynamických pohledů. Kde byla nějaká vize, která by mohla soutěžit s pojmy jako nekonečný prostor, obrovské dálavy času? Vzdálené hvězdy, které se vyrovnají našemu Slunci, nebo je dokonce předčí? Skryté síly a nové, neviditelné formy světla? Obrovské energie, které by se lidstvo mohlo porozumí-li *přírodním* procesům, naučit uvolňovat a ovládat? Začal jsem si myslet, že existuje-li Bůh, pak On (Ona, Oni, nebo Ono) vykonal jiné, mnohem úchvatnější dílo tím, že se zjevil ve světě\* spíš než v oněch starých knihách – a že síla víry

---

\* Myšlenka, že „Bůh vykonal úchvatné dílo tím, že se zjevil ve světě“ a že ho lze studiem přírody objevovat, není nová. Vyskytuje už ve starověku, u Cicerona, v Bibli (která podobně jako autor zdůrazňuje prioritu světla před tradiční ideou hmoty) aj. K témuž vyzývali církevní Otcové a ve středověku někteří scholastici, v novověku pak Galileo Galilei, Johannes Kepler, Francis Bacon, Isaac Newton a jiní. V poslední době byl zastáncem a hlasatelem této myšlenky i Karol Wojtyła, pozdější papež Jan Pavel II. (pozn. překl.).

a modlitby je těžko postižitelná a ve srovnání s každodenními zázraky medicíny a techniky nejistá.

„Ale,“ slyším námitku tradičního věřícího, „vědecké studium světa přírody nezjevuje její *smysl*.“ Na to odpovídám: Dejte mu šanci. Věda odhaluje některé velmi překvapivé věci o tom, čím svět je. Myslíte si, že *smysl*, jaký příroda má, pochopíte dřív, než poznáte, co to příroda je?

V době Galilea Galileiho sepišovali profesori filozofie a teologie – tyto dva obory byly těsně spjaté – velkolepá zásadní pojednání o povaze reality, struktúře vesmíru, o tom, jak svět funguje, a to vše na základě důmyslných metafyzických argumentací. A Galilei zatím měřil, jak rychle se valí koule dolů po nakloněné rovině. Jak přízemní! Ale ta učená pojednání, jakkoli velkolepá, byla mlhavá, zatímco Galileiho výzkumy byly jasné a přesné. Stará metafyzika se nijak nevyvíjela, zatímco Galileiho dílo neslo hojné a dlouhodobě velkolepé ovoce. I Galilei se zajímal o velké otázky, ale uvědomoval si, že získat opravdové odpovědi vyžaduje trpělivost a pokoru před fakty.

Toto poučení si i dnes uchovává svou platnost a závažnost. Nejlepším způsobem, jak se utkat s velkými, nejzásadnějšími otázkami, je patrně vést s přírodou dialog. Klást jí přesné „podotázky“, takové, které by jí daly možnost dávat logicky správné, smysluplné odpovědi, zejména takové, které by nás mohly nějak překvapit.

Takový přístup se nedostaví sám od sebe. V životě, pro který jsme vyrostli, bylo třeba se rozhodovat rychle, za pomoci informací, které byly právě po ruce. Lidé museli harpunovat svou kořist dřív, než *se sami stali* kořistí. Nemohli se zdržovat studiem zákonů pohybu, aerodynamiky oštěpů ani se učit, jak spočítat jejich dráhu. A velká překvapení určitě *nebyla* vítána. Vyrostli jsme s návykem dobře se učit a vše jen zhruba odhadovat, a ne pátrat po prvotních příčinách a myslet v jemných rozdílnostech. A už vůbec jsme nevyrostali prodlužováním předlouhých řetězců výpočtů spojujících fundamentální záko-

ny s jejich praktickými pozorovatelnými důsledky. V tom jsou mnohem lepší počítače!

Abychom měli z dialogu s přírodou největší užitek, musíme začít mluvit jejím jazykem. S takovým myšlením, které nám umožnilo přežít a reprodukovat se na afrických stepích před 200 000 lety, nevystačíme. Zvu vás tedy k rozšíření vašeho způsobu myšlení.

## Ústřední role hmotnosti

V této knize se budeme věnovat některým nejzákladnějším otázkám, jaké si lze vůbec představit: otázkám o prvotní struktuře fyzikální reality, o povaze prostoru, obsahu vesmíru, o budoucnosti lidského bádání. Rád bych je však, inspirován Galileim, formuloval tak, jak se rodí v průběhu přirozeného dialogu s přírodou o nějakém speciálním tématu.

Naši vstupní branou k otázkám mnohem významnějším bude *hmotnost*. Abychom tomuto pojmu do hloubky porozuměli, vrátíme se až k Newtonovi, Maxwellovi a Einsteinovi a povoláme si k tomu řadu nejnovějších a nejpodivnějších fyzikálních idejí. A shledáme, že porozumění hmotnosti nás dovede až ke zcela fundamentálním tématům o sjednocení a gravitaci, tedy otázkám, které stojí na přední linii současného výzkumu.

Proč hraje hmotnost tak ústřední roli? Dovolte mi jeden příběh.

Kdysi existovalo cosi nazývané hmota; bylo to hmatatelné, těžké a trvalé. A bylo tu i cosi jiného, zcela odlišného, a to se jmenovalo světlo. Lidé je vnímali různými způsoby; to první nahmatávali, to druhé viděli. Hmota a světlo sloužily – a slouží dodnes – jako mocné metafory jiných kontrastních aspektů reality: tělo a duch, bytí a dění, pozemské a nebeské.

Když se někdy hmota objevila z ničeho, bylo to stejné znamení zázraku, jako když Ježíš nasytil zástupy pěti chleby.

Vědeckou duší hmoty, její neredukovatelnou podstatou, byla hmotnost. Hmotnost definovala setrvačnost hmoty, její odpor vůči změnám pohybového stavu. Byla neproměnná, „zachovávala se“. Mohla být přenesena z tělesa na těleso, ale nikdy se nemohla ztratit a nešlo ji ani získat. Pro Newtona byla hmotnost veličinou, která *definuje* množství hmoty. Hmotnost v Newtonově fyzice zajišťovala spojení mezi silou a pohybem, a poskytovala i zdroj tíže. Nepomíjivost hmotnosti a její přesné zachovávání umožnily Antoinu Lavoisierovi položit základy chemie a staly se vodítkem k úspěšným objevům. Zdá-li se vám, že se hmotnost někam ztrácí, hledejte ji v jiných podobách a – *voilà*, kyslík!

Světlo nemělo žádnou hmotnost. Pohybovalo se od zdroje k příjemci neuvěřitelně rychle, aniž by je něco postrkovalo. Dalo se velmi snadno vytvořit (emitovat, vyslat) i zničit (absorbovat, pohltit). Nepůsobilo žádnou gravitační přitažlivostí. A nenašlo se pro ně místo v periodické tabulce prvků, která kodifikovala stavební kameny hmoty.

Po mnohá staletí před vznikem moderní vědy a po první dvě a půl století po jejím vzniku se rozdělení reality na hmotu a světlo zdálo zcela logické. Hmota měla hmotnost, světlo ji nemělo. A hmotnost se zachovávala. Dokud trvalo oddělení hmoty (tj. předmětů s hmotností) od světla (tj. reality bez hmotnosti), byl jakýkoli jednotný popis fyzikálního světa vyloučen.

Převraty, jež vyvolala teorie relativity a (obzvláště) kvantová teorie, otřáslы počátkem 20. století základy, na nichž spočívala klasická fyzika. Stávající teorie hmoty a světla se obrátily v sutiny. Tento proces tvořivého boření umožnil vybudovat v následujícím období 20. století novou, hlubší teorii hmoty i světla, která jejich původní separaci odstranila. Podle této teorie je svět založen na prostoru vyplněném mnoha „étery“\*,

---

\* Slovem „éter“ není míněna látka nazývaná tak v chemii (psaná i ether). Ve fyzice se jím rozumí hypotetická látka vyplňující celý prostor. Termín byl používán i v antice (řecky „aithēr“), v 19. století byl zaveden k vysvětlení elektromagnetických vln ve vakuu. Po experimentálním potvrzení elektromagnetických vln nebylo snadné smířit se



na jakémisi jejich souhrnu, něčem, co v dalším nazývám Tkanivem\*. Tento nový model světa je krajně podivný, ale zároveň i velmi úspěšný a přesný.

Nový model o světě nám poskytuje fundamentálně nové pochopení původu hmotnosti obyčejné hmoty. Jak nový? Později uvidíme, že naše hmotnost nám vyplyne ze souboru požadavků obsahujících teorii relativity, kvantovou teorii polí a chromodynamiku (která obsahuje konkrétní zákony, jimiž se řídí chování kvarků a gluonů). Bez hlubokého pochopení a využití všech těchto pojmů *nelze* původu hmotnosti porozumět. Ale všechny tyto pojmy vznikly až ve 20. století, a z nich jen (speciální) relativita je vskutku vyzrálým oborem. Kvantová teorie polí a chromodynamika zůstávají aktivními oblastmi výzkumu s mnoha otevřenými otázkami.

Po úspěšných a poučných letech bádání vstupují fyzici do 21. století s plány dalších syntéz. Rádi by dospěli k jednotnému popisu napohled tak rozdílných přírodních sil a k sjednocenému obrazu různých éterů, které dnes používáme, a jsou připraveny k otestování. Máme určité jemné, slibné náznaky, že tyto myšlenky jsou na správné cestě. Dobou jejich zkoušky bude pár nadcházejících let, až bude velký hadronový srážecí LHC (Large Hadron Collider) v plném provozu.

*Poslyš: tam ve dveřích vedle je úžasně dobrý vesmír;  
pojďme tam.*

E. E. Cummings

---

s představou, že se vlny mohou šířit i ve vakuu bez nosného prostředí. Existence éteru v tomto smyslu byla experimentálně vyvrácena, ale v teoretických úvahách slouží tato představa jako vhodná pomůcka. Po objevu slabé a silné interakce se pojem éteru znovu objevil v úvahách o struktuře vesmíru, dokonce i domněnka, že každé interakci odpovídá zvláštní „éter“ sloužící k jejímu přenosu. V analogii s elektromagnetickou interakcí lze každý tento „éter“ chápat jako mechanický model přenášení příslušné interakce, problém, který je exaktně řešen v kvantové teorii příslušného vakua (pozn. překl.).

\* S velkým T, aby se odlišilo od všech ostatních tkaniv a situací, kdy se toto slovo používá (pozn. překl.).