

David A. Grandy

KAŽDODENNÍ KVANTOVÁ REALITA



DAVID A. GRANDY

KAŽDODENNÍ KVANTOVÁ REALITA



Nakladatelství ANAG

Všechna práva jsou vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována, uložena v rešeršním systému, nebo dále předávána, a to v jakékoliv formě, jakýmkoliv způsobem, elektronicky, mechanicky, kopírováním, nahráváním apod. bez předchozího písemného souhlasu vydavatele. Záměrem všech příspěvovatelů je pouze zprostředkování informací všeobecné povahy, které vám mohou být nápomocny při vašem hledání emocionální a duševní rovnováhy. V případě, že použijete jakoukoliv informaci z této knihy pro sebe, což je vaše přirozené právo, nepřebírají příspěvovatelé a vydavatel žádnou zodpovědnost za vaše činy.

Copyright © 2010 by David A. Grandy

Původně vyšlo jako EVERYDAY QUANTUM REALITY

Czech language translation rights licensed from the English language publisher,
Indiana University Press

Foto na obálce © shutterstock.com

Překlad © Bronislava Grygová, 2014

© Nakladatelství ANAG, 2014

ISBN 978-80-7263-885-7

pro Janet

Každou minutu jsme svědky zázraku navzájem souvisejících zkušeností, a přesto nikdo neví lépe než my, jak tento zázrak funguje, protože my sami jsme touto sítí vztahů.

MAURICE MERLEAU-PONTY

OBSAH

PŘEDMLUVA	8
PODĚKOVÁNÍ.....	10
O AUTOROVI.....	11
ÚVOD	13
1 KVANTOVÁ NEURČITOST	21
2 DUALITA VLN A ČÁSTIC.....	30
3 DVĚ VŠEDNÍ ANALOGIE.....	44
4 DVOJŠTĚRBINOVÝ EXPERIMENT	55
5 DVOJŠTĚRBINOVÉ ANALOGIE.....	69
6 KAŽDODENNÍ SUPERPOZICE.....	79
7 SVĚDECTVÍ HUDBY.....	84
8 KAŽDODENNÍ RELAČNOST	93
9 REALITA VYTVOŘENÁ POZOROVATELEM	106

10 REALITA BEZ HRANIC.....	117
11 NELOKALITA	125
12 KVANTOVÁ HRA, KVANTOVÝ SMUTEK.....	138
POZNÁMKY	146
LITERATURA	157

PŘEDMLUVA

V této knize chci dokázat, že každodenní zkušenosti opakují záhadné rysy kvantové fyziky anebo jsou jejich analogií. Kvantovou neurčitost, částicově-vlnový dualismus, nelokalitu a tak dále můžeme vnímat v běžném a známém prostředí. Když jsem tyto myšlenky prezentoval, mnohé zajímalo, jak vážně to myslím. Znamená to, že tyto podobnosti a analogie nejsou ničím víc než pozoruhodnými náhodami, nebo kvantové jevy tvoří každodenní život? Doufám, že tato kniha osvětlí, že věřím v to druhé. Pokud jsou kvantové jevy tak všudypřítomné a fundamentální, jak naznačuje věda, proč by se neměly vyskytovat v běžném životě? Tvrdit opak by znamenalo uměle omezit kvantovou sféru, zmenšit ji a ubrat jí na důležitosti, o níž hovoří fyzikové a filozofové.

To znamená, že kdokoliv může oživit záhady kvantového světa uvažováním o prastarých, ale obvykle nepovšimnutých záhadách všedních zkušeností. Oba soubory záhad se navzájem podněcují, protože jsou spojené. Protože realita dohromady funguje jako celek, rafinovaně působí proti našim pokusům osvobodit se od určování reality, kterou nevyhnutelně vyvíjíme. Ve vědě tento náš sklon nebýt zainteresováni – jako bychom byli nestrannými pozorovateli – vedl k postupné ontologii neboli ontologii segmentu (parthood ontology), v níž je každá jednotlivá část považována za chybějící nebo izolova-

nou od ostatních, kromě případů, kdy se části dostávají fyzicky do interakce. Proto byla příroda vykreslena jako mechanické nakupení oddělených, samostatných částí. Jedním z velkých skutků kvantové revoluce je poznání, že úzce zaměřenou analýzu můžeme chápat jen jako výchozí bod, ve kterém se jevy zájmů široce rozvětvují do svých kontextů a stávají se kontextově zapojenou entitou. Tato kniha sleduje, jak se kvantové jevy rozvětvují do známých, každodenních souvislostí.

Často se mě ptají, kterou interpretaci kvantové mechaniky upřednostňuji. Jsem zastáncem kodaňského výkladu, přinejmenším do té míry, že staví do popředí inherentně danou vlastnost přírody riskovat. Tento názor nejenže je podepřen empirickým výzkumem, ale, co je stejně důležité, dává prostor následujícím úvahám. Niels Bohr, hlavní tvůrce tohoto výkladu, si uvědomil, že kvantové jevy vůbec nejsou odtrženy od běžného života, už jen proto, že naše chápání těchto jevů musí být vyjádřeno jazykem vycházejícím z každodenní zkušenosti. Věda, a to i kvantová fyzika, není nějakým jiným způsobem chůze nebo mluvení; protože její odborné výrazy vycházejí ze zásoby zkušeností, volně sdílených všemi lidmi, okruh pochopení je završen pouze tehdy, jsou-li ezoterické pojmy navráceny zpět do každodenního života. Tato kniha je pokusem nabídnout pár „obrázků a ... spojení“, jak je nazýval Bohr, na cestě k dosažení tohoto cíle.

PODĚKOVÁNÍ

K vydání této knihy významným způsobem přispělo mnoho lidí. Děkuji anonymnímu recenzentovi Indiana University Press za podporu a vedení. Robert Sloan, Chandra Mevis, Nancy Lightfoot a Elaine Durham Otto mi pomohli dohledem nad vypilováním a proměnou díla do knižní podoby. Nesmírným přínosem pro mě bylo přátelství a pomoc Sarah a Marca-Charlese Ingersonových. V posledních letech s láskou tvrdě pracovali na tomto i dalších projektech. Připravili rejstříky, objasnili technické pojmy, nabídli konstruktivní návrhy a mnoha dalšími způsoby přispěli ke zvýšení kvality finálního díla.

Rovněž děkuji Chadu McKellovi, který starostlivě přečetl a také okomentoval větší část rukopisu, sledoval prameny a vytvořil většinu ilustrací. Rád bych poděkoval Brigham Young University za velkorysou podporu výzkumu. Je to dobré místo pro práci, které nabízí mnoho příležitostí pro využití schopností novými způsoby. Lance Chase a Dan Burton zasluhují speciální zmínku. Vždy byli laskaví a povzbuzující a zanechali trvalou stopu na mém myšlení, o osobnosti ani nemluvě. Nakonec děkuji své rodině, zejména své ženě Janet. Její neochvějná láska umožnila vznik této knihy.

O AUTOROVI

David A. Grandy je profesorem filozofie na Brigham Young University. Je autorem knih *The Speed of Light* (Indiana University Press, 2009), *Leo Szilard: Science as a Mode of Being* a spolu s Danem Burtonem *Magic, Mystery, and Science* (Indiana University Press, 2004).

Každodenní kvantová realita

ÚVOD

Většina lidí už slyšela o kvantové fyzice a jejích pozoruhodných, téměř bizarních tvrzeních. Za těmito tvrzeními stojí snaha ukázat, že kvantová realita je svět vzdálený každodennímu životu a že tyto dvě reality spolu nijak nesouvisejí. V této knize tento názor zpochybňuji poukázáním na to, že řada kvantových záhad je již dlouho součástí běžného života. Ten, kdo se rád zamýšlí nad známými pojmy a zkušenostmi, nevyhnutelně narazí na záhady a někteří budou hloubat nad tématy, která jsou nám nyní podsouvána jako otázky týkající se výlučně kvantové fyziky. Trvám na tom, že žádná výjimečnost neexistuje a že každý může najít kvantovou hádanku nebo její obměnu v každodenním životě.

Jedním z častých názorů je ten, že kvantová fyzika je prudkým odklonem od běžného, obyčejného chápání klasické (předkvantové) fyziky. I když to může být v některých případech pravda, postulováním deterministického světa plného neživých objektů základní principy klasické fyziky přímo odporují neústupnému každodennímu pocitu, že jsme něco víc než pouhé neživé objekty. Klasická fyzika dává smysl jen tehdy, když se nepřímou oslobozujeme od jejího tvrzení, že všechno vychází z mechanické souhry hmotných částic. *Osvobodíme-li se*

od tohoto metafyzického předpokladu, uvidíme jeho omezení v novém světle. Tento předpoklad pro nás neplatí vždy. Pokud by tomu tak bylo, nikdy bychom nebyli těmi moudřejšími. V souladu s jedním z Epikurových poznatků, kdybychom byli neživými subjekty, nikdy bychom o tom nevěděli, protože bychom byli neživí až k smrti a samozřejmě i hluší vůči otázce, zda jsme neživé automaty, nebo bytosti, jejichž základní povaha přesahuje mechanickou nutnost.¹

Soudím, že klasická fyzika má smysl jen tehdy, když záměrně přehlédneme její předpoklad mechanistické neživotnosti, což také často činíme. Ale kvantová fyzika tím, že zpochybňuje tvrzení o deterministickém vesmíru, nám dává důvod přehodnotit metafyzické základy klasické fyziky, protože tento determinismus je úzce spjat s myšlenkou mechanistické neživotnosti. Doufám, že ukážu, že kvantová fyzika otevírá prostor myšlenkám, které jsou současně nové i staré: nové v tom smyslu, že jsou v protikladu k myšlenkám klasické fyziky, a staré ve smyslu, že se shodují s každodenní zkušeností – s tím, co někteří myslitelé označují za předpojmovou nebo předteoretickou zkušenost.

Theoretici kvantové fyziky už dlouho tvrdí, že běžné objekty – stoly, křesla a podobně – patří do kvantové reality stejně jako elektrony, fotony a atomy. Rychle ovšem dodávají, že extrémní nepatrnost kvantových jevů jim brání projevovat se v každodenním životě nějak významněji. George Greenstein a Arthur Zajonc říkají:

„Ukrytý za samostatnými a nezávislými objekty smyslového světa je zapleten svět, ve kterém jednoduché pojmy identity a lokality už dávno neplatí. Možná jsme si nevěšimli onoho úzkého vztahu běžného na této úrovni existence, ale bez ohledu na to, že je přehlízíme, ony přetrvávají. Události, které se nám zdají náhodné, mohou ve skutečnosti souviset s jinými událostmi, které se odehrávají jinde.“²

Tudíž i když kvantové jevy působí nenápadně a jsou všudy-přítomné, neprojevují se v každodenním životě zřetelně. Proto jsme vůči nim slepí. Věřím, že je to pravda jen částečně. Jistě, kvantové jevy jsou nepatrné, řekněme v porovnání se sešivač-

kou na mém stole, ale proč by jim tento fakt měl bránit projevit se způsobem, jakým *já vnímám* sešíváčku? Neměly by se tyto jevy projevit vzhledem ke své elementární všudypřítomnosti nejen v mikroskopických strukturách materiálních objektů, ale také v malé struktuře našich percepčních schopností vnímat a následně ve způsobu, jakým vnímáme svět?

Pokud je tomu tak, naše přehlížení kvantových jevů by mohlo mít dvojí původ. Zaprvé, jsou příliš malé, abychom je mohli zaregistrovat na úrovni makrosvěta, alespoň pokud očekáváme, že se zjeví jako jevy zcela oddělené od nás; zadruhé, a to je důležitější, dlouho nám unikaly, protože jsou nám tak důvěrně známé. To znamená, že nejsou od nás úplně odděleny, ale spíše úzce včleněny do našeho bytí. Určují tedy způsob, jak poznáváme věci, způsob, jakým je *můžeme* poznávat, i když je známe. Jinak řečeno, odehrávají se jako věci, které vnímáme a známe, dokonce i když ovlivňují naše vnímání a kognitivní schopnosti. Takže místo toho, aby byly ezoterickými jevy na okraji reality, jsou tak důvěrně známé, že zůstávají nepovšimnuté.

Byl by to planý dohad, kdybych nemohl poskytnout několik příkladů každodenní kvantové reality a tím demonstrovat, jak se kvantové hádanky odhalí všem lidem, nejen několika vyvoleným se správným tréninkem a technickým vybavením. To je úkolem této knihy. Minimálně může být chápána jako netradiční úvod do kvantové teorie.

Ve snaze překlenout zdánlivé rozdíly mezi všedním životem a kvantovou vědou se budu zabývat zkušenostmi a pojmy, které jsou obecně považovány za nematoucí a bezproblémové. Považujeme je za takové proto, že je snadné o nich hovořit nebo je realizovat. Jenže tahle jednoduchost je zavádějící. Například Svátý Augustin prohlásil, že dokud se ho nikdo nezeptal na definici času, věděl, co to je – dokázal určovat čas a držet se plánu. Ale jakmile ho požádali o definici času, byl v koncích.³

Každý souhlasí s tím, že čas běží. Ale jak rychle? „Tahle otázka nemá smysl,“ říká Paul Davies. V nejlepším případě můžeme říct, že běží „sekundu za sekundou, den za dnem“, ale to jsou jen prázdné formulace. Potřebujeme přístroj, který by „zaznamenával tok času“, ale my ho nemáme; hodiny jed-

noduše odtikávají „časové intervaly“, tvrdí Davies.⁴ Jejich hodnota spočívá v jejich pravidelnosti, ve schopnosti produkovat stejné přírůstky času, které můžeme pozorovat. Ale nedovolují nám z času vystoupit a podívat se, co to je. Jestli se čas pohybuje, jsme součástí tohoto pohybu a nemůžeme se bezstarostně chytit nějaké nehybné a nečasové plošiny, z níž bychom mohli rychlost času měřit. To je důvod, proč Augustin považoval definici času za obtížnou – protože je obsažena v samé zkušenosti myšlení, které se ho snaží definovat.

Pokud nás kvantová teorie něco naučila, pak to, že jsme propojeni s jevem, který se snažíme pochopit, a důsledkem tohoto zapletení, vzájemného prolínání a pronikání subjektu a objektu je složitost a nejistota. Stručně řečeno, spolu se světem jsme spoluviníci a tato spoluvina spouští všechny druhy jevů podobných kvantovým, z nichž většinu vidíme kolem sebe a nevnímáme si jich. Jsou jen částí pozadí, na němž se ukazují méně živelné, ale mysl více zaměstnávající jevy.

V každé z následujících kapitol se soustřeďuji na jednu z kvantových myšlenek a snažím se dát ji do souvislosti s aspekty všedního života. Tato kniha je tedy jakýmsi úvodem do kvantové teorie, avšak bez přísně vědeckého nazírání; podíváme se na ni jinou optikou. Tento přístup by neměl být pochopen jako pouhý způsob, jak vyjít vstříc čtenářům neobeznámeným s kvantovou teorií. Jak jsem uvedl, tvrdím, že kvantová realita, tradičně spojovaná s fyzikou částic, může být všeobecně promítnuta do obyčejného života a pojmů. Odpadá tedy matematický formalismus kvantové teorie, ale to neznamená ztrátu analytické přísnosti. Pokud je kvantová realita skutečně tak elementární a všudypřítomná, jak naznačují Greenstein a Zajonc, pak by měly být alternativní pohledy možné a jejich šíření by mohlo vést ke zralejšímu pochopení kvantové – a tím i všední – reality.

Tato kniha je krokem tímto směrem. Předtím, než se do ní ponoříte, mi dovoluňte nastínit směr argumentace. První dvě kapitoly sondují základní kvantové pojmy či záhady a docházejí k závěru, že podobné hádanky řešíme denně. Neměla by nás překvapit ani kvantová neurčitost, ani dualita vln a částic. Neurčitost je neodstranitelným aspektem všední zkušenosti,

a to natolik, že si nikdy nemůžeme být jisti jejím původem – zda je zabudována do světa na jeho základní úrovni, nebo je pouze důsledkem naší neschopnosti pochopit realitu ve všech jejích aspektech. Mohlo by se zdát, že dualita vln a částic se z každodenního života jaksi vymyká, ale není tomu tak. Nejenže je tato myšlenka chybná z pojmového hlediska, ale není vůbec těžké – jak si ukážeme v kapitole 3 – najít známé zkušenosti, které balancují mezi částicovou přesností a vlnovou nejednoznačností.

V kapitole 4 se podíváme na dvojštěrbinový experiment, u něhož tvrdím, že obrazec vlnové interference není o nic víc překvapující než Gaussova křivka znázorňující distribuci takzvaných náhodných událostí (nahodilostí), jako je například házení mincí. Oba závěry jsou výsledkem toho, co Erwin Schrödinger nazval „principem pořádku z nepořádku“, což je pozoruhodný princip či poznání, pokud jej přijímáme bez rozmýšlení, a též princip, který se shoduje s míněním inspirovaným kvantovou teorií, že realita drží pohromadě díky nějakému druhu nekauzálního nebo předkauzálního pojiva.⁵ Na to navazuje kapitola 5, v níž jsem načrtl tři všednodenní analogie dynamiky vlnové interference částic, z nichž každá znovu opakuje posun od kauzálně nespojených událostí k modelu nebo momentu naznačujícímu předkauzální interakci a expanzivní jednotu.

Tuto předkauzální jednotu je snadné přehlédnout, protože se mezi hmotnými objekty obyčejné zkušenosti nijak nápadně neprojevuje. Kupříkladu golfové míčky se dostávají do područí času a prostoru způsobem, který jim zabraňuje neomezeně pronikat jeden druhým – žádné dva míčky, z nichž každý by zůstal beze změny, nemohou být na stejném místě ve stejný čas. Pokud by to platilo pro všechno na světě, pak bychom zcela jistě mohli říct, že kauzální interakce – interakce ovládaná časoprostorovými omezeními – je univerzálním pravidlem. Ale zdá se, že kvantových subjektů se tato omezení často netýkají. Nezměrné množství částic existuje v superpozičním stavu (navrstvené na sebe), v nějakém smyslu se šíří časem a prostorem, navzdory klasickým vlastnostem částic. Jinak řečeno, pravděpodobnostně ztělesňují nespočetné časoprostorové

možnosti, z tradičního pohledu vzájemně neslučitelné. Tento bizarní způsob chování přirozeně odlišuje atomové částice od golfových míčků, ale to nutně neznamená, že každodenní zkušenost není nějakým způsobem podobně bizarní. Obdobu nenajdeme, když porovnáváme objekty mikrosvěta s objekty makrosvěta, ale v tom, jak pozorujeme základní zkušenost vědomí – chápání přírody, jak je nám vštěpováno. Na rozdíl od klasických částic mají kvantové částice smyslovou stránku a mysl nebo vědomí jsou, v některých případech, neovšimavě k prostoru a času. To je podstatou kapitoly 6.

V kapitole 7 přicházím s tématem kvantového zapletení – způsobem, jakým se částice vzájemně ovlivňují mimo čas napříč libovolně velkými prostorovými intervaly – argumentuji tím, že podobné zapletení nebo interpretace postupně hraných tónů tvoří náš zážitek hudby. Z hudby máme zvláštní potěšení, protože ruší mechanické pojetí času a tím nás učí, že události, i když je můžeme odlišit v prostoru a čase, nejsou úplně oddělitelné a soběstačné. V hudbě se na nás minulost i budoucnost valí při každém tónu hraném v daném okamžiku, a celá kompozice je tak právě obdařena novými možnostmi a významy. Jak řekl Nietzsche, hudba je klíčem k žití v současnosti, protože likviduje imaginární rozdíl mezi minulostí, přítomností a budoucností, a tím nás dostává do kontaktu s prapůvodní dynamikou života.⁶ Experimenty dokazující kvantové zapletení sice k otázce, jak nejlépe prožít svůj život, mlčí, ale přesto nás nutí přehodnotit naše chápání času a prostoru.

Kapitola 8 se zabývá příbuznou otázkou relačnosti, kvantově motivovaným pocitem, že vztahy a korelace jsou přinejmenším stejně zásadní jako objekty, které jsou těmito vztahy svázány. Důvod je prostý: některé vlastnosti jsou svou povahou spojeny. To znamená, že když formují jeden objekt, nezadržitelně a okamžitě se týkají i druhého objektu. Uvedu několik příkladů běžně souvisejících vlastností, ze kterých jedna – barva – není tak samozřejmá. Na rozdíl od prvního dojmu barvy nejsou izolovanými fakty; každá pramení z trvalé rovnováhy naší celkové barevné zkušenosti, z toho, jak naše fyziologie vyrovnává jednu barvu s ostatními, aby tak zajistila maximální zapojenost všech barev.

Zde se jedná o explicitní vazbu na vizuální zážitek a stále více se spoléhám, že tato zkušenost rozvine mé myšlenky. Klíčovým bodem je to, že optická vize se opírá o světlo a záhadný charakter světla, jak uvádí moderní fyzika, se přenáší do každodenního zážitku vidění. Protože se světlem zprostředkovaná vize jeví tak nehmotná a fyzicky nevtíravá, je těžké připustit kvantovou možnost, že měníme věci pouhým pohledem na ně. V některých kruzích je toto kontroverzní tvrzení nazýváno pozorovatelem vytvořená realita a ta je tématem kapitoly 9. Přestože s tímto tvrzením plně nesouhlasím, trvám na tom, že opačný názor – mýtus zcela nezúčastněného pozorovatele – je hluboce mylný, a po pravdě řečeno, naše účast v přírodě je tvůrčí, a proto nevyhnutelně vlivná. Dokonce i vidění zanechává na světě stopu, něco, co známe z našeho evolučního pochopení vizuální nádherly přírody.

V kapitole 10 potvrzuji častý názor studentů kvantové teorie, že realita je mnohem otevřenější, než předpokládáme, ale argumentuji tím, že kvantová realita se shoduje s naivní, nekonečnou nevinností raného dětství. Pro novorozence má ještě příroda neomezené možnosti. Později budou některé eventuality vyloučeny (dítěti se řekne, že příroda se chová tak, a ne onak) a jako dospělí se snažíme vytrdit kvantové jevy prostřednictvím velice hustého síta možností. Proto máme potíže pochopit dvojštěrbinový experiment, který je návratem k méně vytríděným zkušenostem raného dětství.

V kapitole 11, opět se světlem zprostředkovaným viděním na mysli, se zabývám nelokalitou. To je ta nejvíc šokující zpráva kvantové revoluce, ale i ona má svou dobu ve všedním životě. Tvrdím, že pojem atomistického světla (naš pocit, že fotony jsou kapsle světla podobné střelám) je z logického hlediska neudržitelný, jakmile si uvědomíme roli světla v zážitku vidění. S pádem této koncepce se začíná objevovat nová myšlenka, která se shoduje s kvantovým zjištěním, že různé části světla (tj. fotony) jsou schopny vstupovat do vzájemných interakcí nekonečně dlouho přes libovolně velké prostorové intervaly. Většinu lidí to připadá neuvěřitelné v důsledku výroku Alberta Einsteina, že žádný kauzální jev se nemůže šířit rychleji než světlo. Ale jak jsem uvedl dříve, zdá se, že

zde máme co do činění s jakýmsi druhem předkauzálního sjednocujícího principu, což přinejmenším tvrdili někteří myslitelé. Můj výklad vychází z tvrzení Mauricea Merleau-Pontyho, že tato zásada zodpovídá za plynulou jednotu vizuální expanze, kde různé prvky expanze vzájemně reagují vizuálně – ne kauzálně, aby umožnily zkušenost vidění. Bez nadčasové vizuální interakce mezi různými objekty rozloženými v prostoru nenastane inteligentní a smysluplné vidění. Vidění je tak všední analogií kvantové nelokality.

Poslední kapitola oslavuje hravost a smutek, z kvantového hlediska dvě protikladné nálady. Mým záměrem je předložit myšlenku, že kvantová fyzika opakovaně zdůrazňuje některé z nejstarších a nejuniverzálnějších zážitků všedního života. Takže shrnutí je následovné: kvantové jevy jsou nám bližší, než se většina lidí domnívá. Byli jsme vedeni k přesvědčení, že se vyskytují na pozadí nekvantové reality, že jsou exotickými výjimkami z pravidel světské lidské zkušenosti. Tvrdím, že vůbec nejsou vzdálené ani exotické, ale spíše se nám tím, že jsou od začátku součástí naší podstaty, ztratily z dohledu. Ale teď, kdy je věda znovu objevila na nejvyšší křivce spirály, se můžeme na krajinu naší každodenní zkušenosti podívat novými očima.

1

KVANTOVÁ NEURČITOST

*Bez této neměřitelné a neustálé nejistoty
by lidský život postrádal napětí.*

Winston Churchill

Život je především o nejistotě. Když se ráno probudíme, nikdy nevíme jistě, jaký den nás čeká, i když si jej starostlivě naplánujeme. Následující hodina, minuta, dokonce i příští sekunda mohou být překvapením. Jak řekl Svätý Pavel: „Přes sklo vidíme nejasně.“⁴¹ Víra a prozíravost jen matně osvětlují budoucnost.

Tváří v tvář základní životní nejistotě – něčemu, co všichni známe z první ruky – proč by měla idea kvantové neurčitosti šokovat? Může to být ze dvou důvodů, z nichž oba vycházejí z údajného odstranění nejistoty vědou. První má co do činění s povahou vesmíru. Klasická (předkvantová) věda definovala vesmír jako mechanický systém nebo stroj. V zásadě jsou stroje předvídatelné. Jsou vyjádřeny pravidly procesu – mechanickými zákony – které nikdy neselžou. Když předmět *A* narazí do předmětu *B* silou *x*, předmět *B* se posune o *y* centimetrů, a to se děje konstantně a neměnně. Protože vesmír je neživým strojem bez vlastní iniciativy, nic jiného se nestane.

Z toho plyne jistota, alespoň pro toho, kdo zná zákony mechaniky. Tato osoba může v zásadě měřit polohu a hybnost každé částice ve vesmíru současně, doplnit údaje do rovnic,

kteřé ztělesňují zákony, a provádět výpočty pro danou situaci. Budoucnost by pak mohla být úplně předvídatelná a minulost úplně vysvětlena na základě současných informací. Neurčitost by tak byla zcela eliminována. Významný vědec 18. století Pierre Laplace tvrdil, že všechny události nevyhnutelně plynou z předchozích příčin:

„Současný stav vesmíru bychom měli považovat za důsledek předešlých stavů a za příčinu toho, co bude následovat. Vzhledem k jakémusi okamžiku inteligence, která by mohla pochopit všechny síly, jimiž je příroda oživována, a příslušnou situaci bytostí, které ji tvoří – inteligence dostatečně velké na to, aby podrobila tato data analýze – mohla by zahrnout do stejného vzorce pohyby největších orgánů a toho nejlehčího atomu; pro ni nemůže být nic neurčité, a budoucnost stejně jako minulost bude pro její oči přítomností.“⁴²

Druhý důvod, který je včleněn do možnosti odstranění neurčitosti, se shoduje s prvním důvodem. Vševědoucí účastník – osoba chápající „všechny síly, které oživují přírodu“ – je pozorovatelem přírody. To znamená, že sám sebe nezahrnuje do systému, protože by to mohlo vystupňovat složitost věcí. Nebo se zahrne do systému za předpokladu, že jeho přítomnost neznamená žádný významný rozdíl. Vyvážne, nebo si myslí, že vyvážne, když bude předstírat, že hraje roli autoritativního diváka.

V návaznosti na kvantovou teorii zní tohle všechno trochu naivně. Copak vesmír není nic jiného než důmyslný stroj? Můžeme skutečně nazírat přírodu, jako bychom od ní byli odděleni? Někteří bystří lidé na první otázku stále odpovídají kladně. Druhá otázka však budí všeobecný nesouhlas: většina lidí řekne, že jsme součástí přírody, ať se nám to líbí, nebo ne. Myslím, že oba pohledy – mechanistický vesmír i postoj pozorovatele – jsou zjednodušujícími domněnkami o světě, který za několik století zaplatil úžasnými vědeckými dividendami. Nyní jsou bohužel zpochybňovány samotnou vědou, kvantová fyzika je přivedla na hranici pravdivosti – a ještě dále.

Ale vraťme se k závažnějšímu bodu: život je naplněn nejistotou, tak je docela překvapující, že kvantová neurčitost by měla být považována za něco neobvyklého, něco, co jde proti proudu každodenního chápání a zkušenosti. Věřím, že kvantová neurčitost a každodenní nejistota jsou různými kousky stejné skládačky. V obou případech vede hledání jistoty k nejistotě.

Odkud se bere kvantová neurčitost?

Nejznámějším vyjádřením kvantové neurčitosti je, že nikdo nemůže současně změřit polohu a hybnost částice s úplnou přesností. To je základní aspekt slavného principu neurčitosti Wernera Heisenberga, vysloveného v polovině dvacátých let 20. století. Hned na začátku Heisenberg ilustroval tento princip prostřednictvím následujícího myšlenkového experimentu. Představte si vědce snažícího se současně změřit polohu a rychlost pohybujícího se elektronu s úplnou přesností. Pro změření přesné polohy se musí elektron osvětlit alespoň jedním fotonem, nejlépe takovým, jehož krátká vlnová délka přesně padne na elektron. Ale krátké vlnové délky fotonů jsou velice aktivní, a tak výše zmíněný ideální foton je vším, jenom ne ideálním pro měření rychlosti. Když narazí do elektronu, nekontrolovatelně změní svou hybnost. Samozřejmě můžeme dosáhnout lepšího určení rychlosti snížením energie fotonu, ale to by znamenalo delší vlnovou délku, z čehož plyne méně přesné změření polohy. Vždycky se najde nějaký kompromis, neodmyslitelné omezení, jak dosáhnout celkové přesnosti. Čím více jsme se rozhodli dozvědět se o jedné vlastnosti, tím méně se dozvíme o druhé.

Při vypracování podrobností principu neurčitosti objevil Heisenberg malé, ale neodstranitelné množství neurčitosti, spojené s těmito druhy dvojího měření. Nejprve si myslel, že neurčitost je epistemická – pouze funkce naší neschopnosti měřit elektron ve všech jeho aspektech. Jinými slovy, v každém okamžiku svého pohybu má elektron přesnou polohu a rychlost. Je to jenom spiknutí přírody, že před námi skrývá některé

detaily, alespoň na kvantové úrovni. Detaily existují, ale některé z nich mizí z dohledu, narušíme-li je naší technologií.

V krátké době se Heisenberg vzdal intervenčního nebo epistemického modelu kvantové neurčitosti. Společně s Nielsem Bohrem a dalšími se rozhodl pro radikálnější, ontologický model. Tento model předpokládá, že pozičně-hybná výměna je vlastní samotnému elektronu: v malé míře, která odpovídá výše uvedeným minimálním množstvím neurčitosti, se dvě vlastnosti vzájemně vylučují. To znamená, že pro elektron neexistují současně přesná poloha a přesná rychlost. Jinak řečeno, přesnost je rozdělena mezi dvě vlastnosti, a to takovým způsobem, že jedna vlastnost v průběhu svého měření existuje přesně, zatímco druhá je nepřesná. Nikdy není dost přesnosti – dost jistoty – přesně určit obě vlastnosti ve stejném okamžiku.

Co znamená „existovat nepřesně“? Heisenberg přirovnal takovou existenci k aristotelovskému směru – což znamená druh tendence nebo možnosti existence.³ Měření, tvrdil dále, uskutečňuje nebo dokončuje tendenci výběrem jedné pozice hodnoty z množiny možných pozicí. Zatímco před měřením je elektron pravděpodobnostně nejasný nebo rozptýlený napříč mnoha pozicemi jakýmsi schizofrenním způsobem, v okamžiku měření se předpokládá jediná, správně definovaná pozice.

To znamená, že nezměřený elektron nemá přesnou polohu a rychlost. Existuje nepřesně napříč spektrem možností poloh a rychlostí. Nejdůležitějším bodem je, že neurčitost a nepřesnost jsou včleněny do přírody samotné; na kvantové úrovni je nepřesnost běžným stavem přírody s ohledem na polohu, rychlost a další vlastnosti, které zde nepotřebujeme uvádět. Tento názor je však v příkrém rozporu s dřívějším Heisenbergovým tvrzením, že neurčitost vyplývá z naší neschopnosti současně zachytit rychlost a polohu elektronu, přičemž obě veličiny existují přesně před měřením.

Je příroda v podstatě (před měřením) přesně a jasně vymezená, nebo je nejasná a neurčitá? Zatímco myslitelé o této otázce stále diskutují, důkazy upřednostňují druhou možnost: kvantová neurčitost je přírodě vlastní. Ovšem pokud je

to pravda, může se stát, že z tohoto důvodu nemůžeme tuto skutečnost poznat jistě. Pokusím se dokázat, že i v každodenní realitě je nejistota. A co více – existuje nejistota o nejistotě. Je to obraz naší neschopnosti plně poznat, co se děje? Nebo je to prostě fakt přírody?

Zenonův šíp

Jakkoliv někdo definuje kvantovou neurčitost s ohledem na polohu a rychlost, podobný rébus vyplývá z jakéhokoliv pokusu připsat přesnou hodnotu polohy všedním pohybujícím se objektům – objektům s rychlostí. Pro ilustraci tohoto bodu se obrátíme na Zenona z Eley, Řeka proslaveného svými paradoxy, které odolávají jednoduchým řešením. Jeden filozof vědy je přirovnal k cibuli, kdy se po sloupnutí jedné vrstvy objeví další. Řešit Zenonovy paradoxy na jedné úrovni znamená, že se na hlubší úrovni objeví náročnější hádanky.⁴

Podívejme se na Zenonův paradox letícího šípu, který zpochybňuje běžné představy o prostoru, času a hybnosti.⁵ Zabírá letící šíp v každém okamžiku svého letu místo odpovídající jeho délce? Odpověď ano by mohla vést k názoru, že v daném momentě se šíp určitě nachází v prostoru, a proto v klidu. Nenachází se na dvou místech, pouze na jednom místě, alespoň v nejkratších okamžicích. Ale vzhledem k tomu, že konkrétní okamžik se v ničem neliší od jakéhokoliv jiného okamžiku ve směru letu šípu, z toho vyplývá, že šíp je v klidu během celého svého letu. To znamená, že pokud je interval letu složený z homogenních okamžiků, které všechny naleznou šíp v klidu, kdy najde šíp čas k pohybu?

Tento závěr je, samozřejmě, v rozporu s očekáváním, ale to je proto, že obecně o pohybujících se objektech pečlivě nepřemýšlíme. Stejně jako Augustin, s ohledem na čas, pohybujeme se ve světě pohybujících se objektů, a tak předpokládáme, že naše znalosti v tomto ohledu se pokládají za pochopení. Zkuste si představit absolutně přesné souřadnice polohy letícího šípu. Snažíme se to instinktivně provést prostřednictvím představy, že sami měříme konce šípu v nejkratším možném

momentu. Ale pokud je pohyb šípů plynulý a bezproblémový, vždy dostaneme libovolně mnoho hodnot polohy, bez ohledu na to, o jak krátký časový interval se jedná. (V duchu dalšího Zenonova paradoxu, matematicky můžeme rozdělit jakýkoliv časový interval libovolně mnohokrát a pak spárovat jednotlivé časové hodnoty s odpovídajícími hodnotami polohy.) Samozřejmě, protože se jedná o myšlenkový experiment, můžeme si představit, že provádíme *okamžité* měření, a tak oddělit jedinou hodnotu. Ale Zenon by mohl namítat, že pokud jsou taková měření možná, jak se mohou okamžité momenty – časově neprodložené momenty – nahromadit časově?

Za předpokladu, že by okamžité měření bylo nějakým způsobem možné, mohli bychom opravdu oddělit přesné souřadnice polohy? Všechna měření fyzikálních objektů, a to i stacionárních, zahrnují aproximaci, byť minimální. Protože hrot šípů je fyzický, a ne matematický, zabírá prostor a prostor – to znamená prostorovou rozlohu – zahrnuje libovolný počet hodnot polohy. Kvůli své prostorové rozloze nebo velikosti nemůže hrot šípů udat absolutně přesnou hodnotu své polohy, i když je šíp v klidu, a když je v pohybu, objeví se další potíže.

Lze říct, že chyby měření tohoto druhu jsou tak nepatrné, že jsou zanedbatelné. To je samozřejmě většinou pravda, ale co může být zanedbatelné v makrosvětě, často se ukáže důležité v mikrosvětě. Faktem v každém případě není velikost chyby, ale to, že chyba nebo neurčitost je nevyhnutelným a stále přehlíženým rysem každodenní reality. Všimněte si, že ani v běžném životě nelze určit, zda je neurčitost přírodě vlastní, nebo je jen výsledkem nepřesného měření. Mohu si představit, že můj deštník má naprosto přesnou délku, ale protože postrádám technologii měření, která by to dokázala – žádná technologie není absolutně přesná – mohu si snadno představit i to, že deštník nemá přesně danou délku. To je, jinými slovy, nejistota neurčitosti. Takže zpět k Zenonově první otázce, zda šíp v letu zabírá místo odpovídající jeho délce. Odpověď může znít: „Možná, ale protože jeho délku nemůžeme přesně určit, stejně tak nemůže být známá ani jeho pozice v prostoru.“

Stručně řečeno, neurčitost je nevyhnutelným rysem života. Víme to instinktivně, protože víme z každodenní zkušenosti,

že život není vždy možné zredukovat na něco pečlivě naplánovaného. Ale když přijmeme vědecké tvrzení, že jsme vzdálení diváci „strojové“ reality, dojdeme k předpokladu, že neurčitost je naším nedostatkem: kdybychom mohli vidět do jádra věcí, nikdy bychom nebyli překvapeni. Kvantová mechanika tento postoj zpochybňuje, nicméně, jak jsem naznačil, k těmto zpochybnění dochází i analýza jakéhokoliv jevu na zdánlivě určité makroúrovni. Ať už v kvantové fyzice, nebo ve známé oblasti všední zkušenosti je hledání jistoty plné nekonečných překvapení a nejistot.

Neurčitost, každodenní podoba kvantové reality

I když nejistota neurčitosti (naše neschopnost zjistit, zda nejistota je pouze naše chyba, nebo vnitřní rys reality) vždycky formovala lidské poznání, v minulých stoletích jsme si podrobili nejistotu představováním si vědecky abstraktního světa, kde se všechny věci chovají deterministicky. Nyní však kvantová mechanika vrací vědu zpět k tomu, co A. N. Whitehead nazval „nepřekonatelnými fakty“ běžného života, a tím spojuje vědu s každodenní zkušeností. Neboť navzdory neupřímné vědecké frázi o deterministickém vesmíru, život nevypadá deterministicky. To znamená, že není lineární a strnulý. Stephen Jay Gould, proslulý paleontolog, to vyjádřil slovy o evolučním procesu se všemi jeho možnostmi a riskantními zvraty. Odmítaje determinismus i jeho pravý opak – úplnou nahodilost – uvedl:

„Rozmanitost možných cest dokazuje, že možné výsledky nelze na začátku předvídat. Každý krok následuje za příčinou, ale žádný konec nemůže být specifikován na začátku, a nic by se nikdy nemohlo přihodit dvakrát stejným způsobem, protože každá stezka vede přes tisíce nepravděpodobných úseků. Změňte jakoukoliv událost, jen malinko a zdánlivě bezvýznamně, a evoluce bude probíhat radikálně odlišným způsobem.“⁶

Podle Goulda je evoluční proces evolučním dramatem, protože „každá stezka vede přes tisíce nepravděpodobných etap“,

a totéž lze říci o životě jednotlivých organismů. Při ohlédnutí za minulostí máme pocit, že věci mohly dopadnout i jinak. Lituje minulých chyb a cítíme vděk za události (z nichž některé se zdály naprosto nepravděpodobné), které zvrátily věci našim směrem. Předvídájíc budoucnost máme pocit, že život – jak řekl William James – je „skutečným dobrodružstvím se skutečným nebezpečím“, které může nebo také nemusí „zvítězit“.⁷ Samozřejmě, někdy se snažíme zvrátit tyto pocity, když prohlásíme, že osud, atomy, okolí nebo geny vládnu našimi životy, a tak se naše životy od samého počátku odvíjejí podle nějakého scénáře, ale pocity samotné jsou živelné a vytrvalé. Přetrvávají i navzdory takovým prohlášením, čímž podněcují nejistotu.

Mohli bychom porovnat tuto doznívající nejistotu s neredukovatelným množstvím neurčitosti, kterou objevil Heisenberg. Heisenbergův kolega Bohr viděl kvantovou neurčitost jako jiskru života⁸ a naše každodenní neschopnost odsunout nejistotu bokem – uhasit ji jako oheň, který by nás mohl spálit – může být jiskrou na nejvyšší obrátce spirály. Nezdá se, že bychom byli schopni ji úplně uhasit, ať už se snažíme předvídat tok každodenních událostí, či se snažíme potlačit pocity nebo obavy, že život je vnitřně nejistým, riskantním a otevřeným procesem.

Na tomto místě musím upozornit, že kvantová mechanika nejen podtrhuje neurčitost, ale také ji ztělesňuje. Je to proto, že víc než jakékoliv jiné vědecké teorie implicitně uznává svůj lidský původ tím, že přináší (lidského) pozorovatele do náruče přírody, ne jako neškodného diváka, ale jako aktivního účastníka. Michael Lockwood tvrdí, že kvantová fyzika „ztělesňuje v sobě, jako žádná jiná vědecká teorie, radikálně novou koncepci vztahu mezi pozorovatelem a realitou... ve skutečnosti zahrnuje fyziku pozorování nebo měření jako nedílnou součást teorie samotné“.⁹ Takže poprvé v západní vědě fyzici při rozvíjení kvantové mechaniky sami sebe včlenili do svého vlastního modelu reality, a tak zkomplikovali tento model realitou. Je-li obyčejný život plný nejistoty, mělo by nás překvapovat, vzhledem k naší nevyhnutelné přítomnosti v přírodě, že mikroskopická realita je stejně ovlivněna neurčitostí? Pokud neexistuje

způsob, jak *nebýt* součástí přírody, neměla by nejistota, kterou najdeme v jedné oblasti, vítězit i v oblasti druhé?

Myslím, že neurčitost objevenou v kvantové sféře můžeme najít i v každodenním životě, alespoň pokud si budeme všímat každodenní zkušenosti bez zavádění naší interpretace myšlenek z klasické vědy, které kvantová fyzika nyní vyvrací. K takzvanému nesouladu mezi každodenní zkušeností a kvantovou teorií dochází jen proto, že sevření klasickou vědou – její metafyzikou – je mnohem těsnější, než si běžně uvědomujeme. Na rozdíl od světa představovaného klasickou vědou má běžný život nejistý pocit a průběh a tato nejistota je nedílnou součástí kvantové teorie. Zvažte mnohokrát citované Bohrovo tvrzení, že ten, kdo není šokován kvantovou teorií, jí nerozumí.¹⁰ Bohr míní, že kvantová fyzika znamená více než suverénní znalost pravidel a zásad, tedy něco jako měkký polštář, který nás uvádí do ideologické dřímoty. Spíše se jedná o permanentní schopnost přírody překvapovat, šokovat, plodit paradox a nejistotu a znovu nás probouzet. Lepší popis nám život nemohl dát: kdo není občas šokován a překvapen, nemůže pochopit jeho podstatu – neuvědomuje si, že nemůže být zredukována na druh dokonalého porozumění, které by vzalo životu jeho schopnost šokovat, překvapovat a plodit nejistotu.

Nick Herbert píše, že „hledání kvantové reality je hledáním jediného obrazu, který pravdivě ukáže naše nové poznatky o tom, jak svět skutečně funguje“.¹¹ Až do 17. století lidé přirovnávali vesmír k božskému organismu, po Galileovi a Newtonovi ho přirovnali ke stroji a s rozvojem termodynamiky v 19. století začal vypadat jako motor plýtvající energií. Ale, jak říká dále Herbert, kvantová fyzika nám nedává jediný obraz, do kterého můžeme obrazně vecpat celý vesmír. Jsem přesvědčen, že je tomu tak proto, že kvantová realita je nám velmi blízko – příliš svázaná s každodenními hlavlolamy, které řešíme – než bychom se od ní mohli oddělit a pozorovat ji nezávisle a objektivně. Proto se ani nejedná o soubor problémů, které lze bezesbytku vyřešit pomocí jasně definovaných postupů, ale spíše jde o sepětí s pokračujícím životem, který je sám naplněný nejistotou.

2

DUALITA VLN A ČÁSTIC

S nezměrným nadšením se můžeme těšit na to, že v nadcházejících letech zjistíme, co se skrývá v jádru atomu – ačkoliv mám podezření, že jsme to tam ukryli my sami.

A. S. Eddington

I když o moderní fyzice vědí jen málo, většina lidí už slyšela o dualitě vln a částic. A co víc, lidé vědí, že je to velice záhadný pojem, i když netuší, co si s ním počít. Ale s trochou pomoci a motivace by si mohli lámat hlavu nad souvisejícím problémem – a jeden z nich sahá až ke kořenům západní vědy – jehož neúspěšné vyřešení naznačuje vlnově-částicový dualismus: má realita nějakou nejmenší část, nebo může být ještě dělena na stále menší části?

Starověcí řečtí atomisté považovali nejmenší nedělitelnou část – atom – za základní kámen reality. Jiní myslitelé, jako například stoikové, namítali, že realita je nekonečně dělitelná neboli kontinuální. Žádná škola nemohla dokázat svou hypotézu, ale každý mohl sledovat v průběhu staletí jejich vzestup a pád. Každému však bylo jasné, že oba náhledy jsou nesprávné: příroda nemůže mít nejmenší část, a přesto ji nemůže nemít. Nicméně se na počátku 20. století tato možnost prosadila. Dnes toto tvrzení označujeme jako dualitu vln a částic.

Abychom plně pochopili dualitu vln a částic, musíme každou část pojmu rozebrat – částici a vlnu – filozoficky. Částice je v pojetí starých Řeků atom, nedělitelný stavební kámen přírody. Jako taková existuje vlastním přičiněním: jestli si odmyslíme nebo „smažeme“ zbytek vesmíru, pořád tu bude. Má přesnou polohu a také přesně vymezené hranice. Nakonec, když mluvíme o částici, automaticky si představíme hmotný subjekt. Částice mají hmotu, jsou to materiální věci.

Tato poslední vlastnost, materiálnost, je součástí dědictví fyziky 19. století, která potvrdila starověkou řeckou myšlenku hmotných atomů. Pokud jde o energii, fyzika 19. století k ní měla jiný přístup. Energie přicházela ve vlnách, které neměly žádnou nejmenší částici a jejichž hranice nebyly přesně dány. Navíc vlny neexistovaly samy o sobě, ale parazitovaly na nehmotném médiu.

Standardním příkladem chápání vlnového jevu v 19. století je světlo. Vědci je pochopili jako vibraci v kosmickém éteru, který byl pojímán jako velice jemná látka vyplňující každý kout a skulinku vesmíru. Světlo nevibrovalo nezávisle na éteru. *Bylo* to vibrování nebo vlnění éteru. A zatímco materiální éter byl obecně považován za složený z částic neboli atomistický, vlnění světla, nehmotná energie, bylo považováno za neatomistické.

Toto čisté schéma – atomická hmota a neatomická energie – se začalo rozpadat, když se fyzikům nepodařilo experimentálně prokázat existenci éteru. Nicméně většina vědců i nadále v jeho existenci věřila, protože jiná možnost byla nemyslitelná. Pokud by éter neexistoval, pak by nemohl vibrovat a světlo by nebylo možné. Ale světlo je všudypřítomné a věda už dávno potvrdila jeho vlnovou povahu.

Mladý Albert Einstein našel východisko z této slepé uličky tím, že odmítl éter a stanovil neměnnost rychlosti světla ve všech inerciálních soustavách souřadnic. Tento krok však neudělal pojetí světla srozumitelnějším. Naopak, světlo bylo ještě méně srozumitelné; představit si vlnění světla bez éteru bylo jako představit si vodní vlny bez vody. Přesto jakmile se fyzikové smířili s Einsteinovou teorií, tato ztráta srozumitelnosti se zdála být nízkou cenou zaplacenou za ohromný zisk, kterého

bylo dosaženo. Nejenom to, teorie připravila vědce i na další překvapivá odhalení o světle, která, podobně jako Einsteinova teorie, zastínila precizní obraz světla z 19. století.

Tyto objevy vycházely z kvantové teorie a ukázaly světlo jako částicový fenomén. Většina fyziků, zastánců tradice „světlo jako vlna“, zprvu pokládala toto tvrzení za nehorázné. Také znepokojující bylo silící poznání, že světlo je dualistické: v některých případech se jeví jako částice a v některých jako vlna. Jak jsem již uvedl, tyto dva pojmy byly dlouho považovány za vzájemně se vylučující. Když se objevil důkaz, že světlo má částicovou povahu, fyzikové uvažovali, jak světlo může zahrnovat tolik protichůdných vlastností. Jak by mohlo být atomistické a neatomistické současně, jak by mohlo být přesně a současně nepřesně ohraničené, existující nezávisle a současně existující v závislosti na něčem?

Po více než století přemýšlení o těchto problémech museli vědci ještě pochopit vlnově-částicovou povahu světla. Jejich neúspěch v tomto ohledu může mít méně společného se světlem jako takovým než s pojmy a kategoriemi, do nichž se snaží světlo vtěsnat. Znamená to, že některé aspekty vlnové a částicové koncepce neobstojí z filozofického pohledu: mohou být inkoherentní. Jedním z těchto aspektů je atomistická teze, na které je myšlenka částice postavena. Samostatný, přesně ohraničený atom má legendární historii, samozřejmě, ale při podrobnějším prozkoumání se přikloní k vlnově-částicové dualitě stejně jako světlo.

Rozklad

Louis de Broglie, jeden z architektů vlnově-částicové duality, byl první, kdo tvrdil, že představa částice nebo atomu se narušuje sama.¹ Proč? Protože dva způsoby myšlení o fyzické hmotě – jak kontinuální, neatomistický, tak i přerušovaný, atomistický způsob – se k sobě ve skutečnosti přibližují.

„Realita nemůže být interpretována pouze z hlediska kontinuity: v rámci kontinuity musíme rozeznávat jednotlivé subjekty (atomy). Ale tyto jednotlivé subjekty nejsou v souladu s myšlenkou, která by nám dala jejich jasnou diskontinuitu: mají rozměr, neustále na sebe reagují, a co je víc překvapující, zdá se být nemožné lokalizovat je a definovat dynamicky s dokonalou přesností v každém okamžiku. Toto pojetí jednotlivých subjektů, spíše vágně načrtnuté na pozadí kontinuity, je pro fyziky něco zcela nového a pro některé z nich i šokujícího. Přesto určitě ladí s koncepcí, ke které by mohly vést filozofické úvahy.“²

Starověcí atomisté elegantně oddělili diskontinuitu od kontinuity umístěním nedělitelné částice ve vzduchoprázdnu, jehož prázdnota nabídl nulový odpor k možnosti kontinuity nebo nekonečné dělitelnosti. Ale v moderní fyzice není tato dichotomie udržitelná, protože částice se chovají někdy jako kontinuální a někdy jako vlnové. Jak naznačuje de Broglie, tato neurčitost kategorií, ačkoliv jistě výsledek vědeckého objevu, je nicméně důsledkem nepřesného myšlení, protože pojem nespojitě částice je plný filozofických hádanek, které narušují rozdíl mezi spojitostí a nespojitostí.

V de Broglieho úvahách je primárním hlavolamem toto: jestliže jsou atomy nedělitelné a mají prostorovou velikost (jak to bylo koncipováno v dávných dobách), mohlo by se zdát, že jejich vnitřní struktura musí být homogenní nebo kontinuální ve všech oblastech. Ale pak se kontinuita stane znázorněním základní reality a my stojíme před úkolem vysvětlit, proč vnitřně souvislý atom nelze rozdělit. Proč je souvislá materie u částí, ale žádné části? A co víc, zjistíme-li, že částice – že atom není základem – co dál? Ano, říká de Broglie, máme tady co dělat se „začarovanou nekonečností, protože nové elementární částice, z nichž ta původní (atom), o které nyní víme, že byla nazvána elementární neprávem, je zřejmě složena, budou předmětem stejných otázek a stejných potíží“.³

Pokusme se představit tento argument důsledněji. Fyzická hmota je buď spojitá, nebo nespojitá. Za předpokladu, že je nespojitá, skončíme u atomů jako nedělitelných částí hmoty. Ale atomy zabírají místo, což znamená, že jejich atomistický povrch vymezuje (1) kontinuální, nebo (2) diskontinuální

Toto je pouze náhled elektronické knihy. Zakoupení její plné verze je možné v elektronickém obchodě společnosti eReading.