

PROPLETENÉ SVĚTLO

Arthur Zajonc

Cíl je stále stejný: porozumět světu.

— John Bell

Ještě jednou se necháme vést Einsteinem. Einstein, hluboce znepokojený důsledky kvantové mechaniky, hledal způsob, jak přesvědčivě dokázat její neúplnost. Podle něj byla kvantová mechanika pouze dílčím obrazem daleko jemnější a složitější reality, jejíž větší část zůstávala skrytá. Kdyby to tak bylo, pak by podivnosti kvantové teorie nikoho nepřekvapovaly. Kvantová teorie nikdy nepředvídá jednotlivé události, ale pouze pravděpodobnost jejich výskytu. Avšak neúplná znalost se vždy projevuje jako nejistota v předpovědích, ať u hráčských stolů v Las Vegas nebo v předpovědích počasí. Neznalost vede k šanci. Ale platí to také obráceně — opravdu vždycky nejisté výsledky pokusu ukazují na naši neznalost? V devatenáctém století by sebejistí fyzici odpověděli kladně: nejisté výsledky vždy odhalují pouze dílčí znalost. Einstein trval na tom, že racionalita vyžaduje jednoznačnou teorii, a protože kvantová mechanika je nejednoznačná, není racionální. Není to správná teorie.

Aby to prokázal, uchýlil se Einstein spolu s B. Podolským a N. Rosenem v roce 1935 zase jednou k myšlenkovému experimentu, velmi chytrému, kterým dokázal neoddiskutovatelný význam základů kvantové mechaniky, zvláště poté, co byly v roce 1964 důsledky tohoto experimentu objasněny skromným, ale odvážným mladým fyzikem z Irska, Johnem Bellem.

Fyzikové by souhlasili, že nikdo neudělal pro základy kvantové mechaniky více než John Bell. Podle mě to byla vzácná kombinace hluboké skromnosti, velké odvahy a neomylné inteligence, díky níž měl jeho příspěvek k této disciplíně mimořádný význam. Krátce před jeho předčasnou smrtí v roce 1990 jsem měl tu čest zorganizovat spolu s kolegou z Amherst Co- llege Georgem Greensteinem seminář o základech kvantové teorie. Byla to Bellova ochota semináře se zúčastnit, která na něj lidi přilákala. Po celý týden věnovaný intenzivním diskuzím o základech kvantové mechaniky působil Bell jako její pronikavý a mimořádně poctivý kritik. Nakonec to bylo nádherné setkání, v němž převládal humor a harmonie stejně jako velmi užitečné diskuze o největších, dosud nerozluštěných otázkách této disciplíny.

Jak Bell opakovaně zdůrazňoval, přestože se kvantová mechanika stala mocnou disciplínou — a málokdo věděl o jejím významu více než on — ortodoxní kvantová mechanika prostě nebyla dost dobrá. Bude nahrazena. Bell jednou napsal, že osudem kvantové mechaniky je zřejmě jednoduše prozkoumat svou vlastní vnitřní strukturu. Podívejte se pozorně a uvidíte její hořkou budoucnost: „Nese v sobě sémě své vlastní destrukce.“ Einstein a Bell měli zázračnou schopnost vidět jasně všechny problematické bolístky kvantové teorie a oba se tvrdohlavě snažili dokazovat, že je možné dosáhnout lepšího a pravdivějšího porozumění přírodě. Na základě Bellových teorémů se řešení některých nejzávažnějších otázek kvantové mechaniky poprvé stalo předmětem experimentálního zkoumání. Tyto výzkumy jsou nyní téměř dokončeny a jejich význam pro naše nové současné představy o světle a hmotě je obrovský.

Po roce 1975, když Bell dokázal své proslulé teorémy, fyzikové úspěšně provedli Einsteinův myšlenkový experiment z roku 1935, přezdívaný od té doby experiment EPR podle jmen jeho autorů: Einstein, Podolsky a Rosen. Je to archetypální experiment, který, budeme-li ho chápat celostně a la Bell, nás zavede hluboko do nového řádu věcí. Klade otázky týkající se skutečnosti, hledá „schopné (beables)“ teorie, jak je nazýval Bell. Co jsou skutečné vlastnosti tkvící ve všech věcech? Zvláště u světla vedou odpovědi k daleko hlubšímu a podle mě krásnějšímu porozumění než kdykoliv předtím. Začneme velmi jednoduše.

Objekty tohoto světa nesou vlastnosti: moje tužka má barvu, tvar, hmotu a tak dále. Každý objekt musí mít dobře definované vlastnosti, díky nimž ho známe. Takže moje tužka nemůže být současně červená a zelená, jinak bych zapochyboval o svém zdravém rozumu. Bez rozumných vlastností ztrácí objekt svou identitu; v určitém smyslu zmizí. Einstein položil otázku, jaké jsou skutečné vlastnosti kvantových objektů. Díky nim je poznáme, nebo je nebudeme znát vůbec.

Protože kvantové objekty jsou věci delikátní, potřebujeme bezbolestný prostředek jejich zkoumání, abychom použili lékařskou terminologii. Vždyť když nebudeme opatrní, můžeme objekt narušit tak hrubě, že se v našich rukou změní. Pak, jako bych měl na očích růžové brýle, nevidím barvu objektu, ale barvu svých brýlí. Aby se vyhnul tomuto problému, navrhl Einstein následující: necht' jsou zkoumané objekty tvořeny páry, jako identická dvojčata narozená v jeden den a s výjimkou jedné vlastnosti úplně stejná. Zůstaneme-li u analogie s dvojčaty, tou jedinou odlišující vlastností bude mateřské znaménko, řekněme v levém podpaždí. Pouze pomocí tohoto znaménka budeme schopni říci, kdo je princ a kdo chudák.

Dvojčata každé ráno vstanou, rozloučí se a každé zamíří jiným směrem do laboratoří na opačných koncích města. Jedno dvojče (nevíme které) přijde do cíle o něco dříve než druhé. Vědec, nejistý koho před sebou má, zkontroluje skryté znaménko. V tom okamžiku jeho nejistota zmizí a on mladíka pozná. Nejenže s jistotou ví, koho má před sebou, ale může také s absolutní přesností, aniž by zkoumal vzdálené dvojče, předpovědět, kdo se o pár minut později objeví v laboratoři jeho kolegy. V určitém smyslu je pozorování jednoho dvojčete dostatečné proto, aby učinil pravdivý závěr o obou. Vědci zaznamenávají výsledky, značka X bude patřit chudákovi (se znaménkem), značka O princovi (bez znaménka).

VĚDEC A		VĚDEC B	
1. ledna	X	1. ledna	O
2. ledna	O	2. ledna	X
3. ledna	X	3. ledna	O
4. ledna	X	4. ledna	O
5. ledna	O	5. ledna	X

Všimněte si té dokonalé korelace; kdykoliv je jeden X, druhý je O. Očekáváme, že svět se bude chovat přesně tímto způsobem. Každé dvojče se bude ubírat do jedné z laboratoří, jedno bude mít mateřské znaménko a druhé nikoliv, jeden je chudák, zatímco druhý je princ. Se světem je všechno v pořádku.

Einstein navrhl kvantovou verzi tohoto pokusu, EPR experiment. Před čtyřiceti lety Bell dokázal, že předpovědi kvantové mechaniky a předpovědi jakékoliv alternativní „lokální, realistické“ teorie se budou zvláštními, měřitelnými způsoby lišit. Důležitá jsou slova „lokální“ a „realistické“. Co je to lokální realistická teorie? Jsou to prostě teorie podávající vysvětlení, která nás nezneklidňují. Jsou to teorie odpovídající střízlivému uvažování. Bellův teorém je navíc *velmi* obecný. Nepřináší do kvantové mechaniky jen jednoho soupeře, ale všechny střízlivě uvažující soupeře najednou! To má velký význam. Na základě Bellova teorému může jediný dobrý pokus odstranit z kvantové mechaniky každého střízlivě uvažujícího soupeře. Takové experimenty provedl s největší elegancí Aspect a jeho spolupracovníci ve Francii. Naprosto jednoznačně ukazují, že správné jsou kvantově mechanické předpovědi, nikoliv ty, které vycházejí z einsteinovských, lokálních, realistických, střízlivě uvažujících teorií. Experimenty tedy vyžadují, abychom se vzdali něčeho z Einsteinova pohledu na racionalitu. Zbývá otázka, co to má být. EPR a Bellův archetypální experiment nás nutí připustit možnost pružnější podoby racionality, než je ta, kterou známe z tradiční vědy. Nemusíme se racionality vzdávat, spíše musíme rozšířit její význam. Dosavadní pojetí racionality bylo nesmyslně omezené naším příklonem k mechanickému vesmíru. Koneckonců, cožpak můžeme vyhlásit matematiku kvantové teorie za „iracionální“? Matematika dokáže s naprostým klidem provádět mimořádné věci. Zaměřme se na Einsteinův kvantový myšlenkový experiment a podívejme se, jakým způsobem je třeba racionalitu vylepšit.

Stručně řečeno: v laboratoři se provádějí EPR experimenty, místo dvojčat máme dva fotony. Byly vytvořeny současně a oba nesou vlastnost čili „mateřské znaménko“ nazvané polarizace. Navíc jsou vytvořeny zvláštním způsobem tak, že když jeden má polarizaci X, druhý má polarizaci O, nebo obráceně. Když jejich polarizaci nekontrolujeme, pak stejně jako dvojčata nejsou odlišitelné ani fotony. Dovolíme fotonům odletět v opačných směrech ke vzdáleným detektorům, schopným měřit polarizaci. Jeden přichází a jeho polarizace je změřena. Když se ukáže, že je to polarizace X, pak už vědci *vědí*, že polarizace druhého je O. Opakujte pokus mnohokrát. Jako předtím i teď zjišťujeme, že data z obou detektorů přesně korelují; pro každé X je tu odpovídající O, každému O odpovídá X. Einstein nazval jakoukoliv vlastnost, která se dá takto předvídat, *reálnou* vlastností světla; tedy vlastností, která existovala už před tím, než bylo provedeno měření. Koneckonců, jak může vzdálené chování jednoho dvojčete nebo fotonu okamžitě ovlivňovat vlastnosti toho druhého? Účinky působí lokálně, nikoliv na dálku. Abychom působili na vzdálený objekt, musí signál projít celou vzdáleností mezi námi a objektem, a to zabere čas. Opět tu jde o střízlivé uvažování, podle Einsteina zřejmý rys každé dobré teorie. Říkal tomu „lokalita“. Teorie střízlivého uvažování jsou realistické a lokální.

Výše uvedené korelace jsou velmi podobné těm u dvojčat. Nejprve budeme zcela přirozeně tohle všechno interpretovat tak, že každý foton je *skutečně* polarizovaný od začátku, stejně jako každé dvojče má nebo nemá znaménko opravdu už při narození. Tohle všechno je zcela logické; to je přesně způsob, jakým by měl být uspořádán racionální svět. S korelovanými kvantovými částicemi je to bohužel jinak. Kvantové vlastnosti se nedají tak přesně určit, naše působení se nedá tak pěkně lokalizovat. Bell a nedávné EPR

experimenty to naprosto jednoznačně ukázaly. Obecně řečeno, světelné korelace se za žádných okolností *nechovají* jako korelace dvojčat. Bellův teorém zdůraznil tyto zvláštní situace, v nichž se kvantová teorie liší od lokálních, realistických teorií, a následná měření dopadla jasně ve prospěch kvantových předpovědí. Střízlivý rozum tak byl nutně znásilněn; jaký je však význam tohoto znásilnění?

Podle Einsteina mají objekty skutečné, trvalé vlastnosti jako barvu, polarizaci a dráhu cesty. EPR experimenty, zvláště ten nedávny provedený Aspectem a jeho spolupracovníky ve Francii, měří fotonovou polarizaci u různě nasměrovaných detektorů. Když dáme výsledky dohromady s Bellovým teorémem, přesvědčivě dokazují, že neexistuje žádný *lokální, realistický* způsob, jak porozumět polarizačním korelacím! Tyto pokusy a logika tohoto závěru jsou velmi závažné. Vyžadují od nás mimořádně důkladné přeformulování toho, co jsme si mysleli, že je světlo. Abychom si ozřejmili obrovské důsledky těchto zásadních pokusů, prozkoumáme jejich důsledky pro teoretické interpretace. I tady můžeme postupovat dvěma základními způsoby. Oba jsou důležitou pomůckou našich úvah při přemýšlení o archetypálním fenoménu světla.

První a nejjednodušší odpovědí je, že párové fotony vůbec nemůžeme chápat jako individuálně polarizované (tj. poznamenané) od jejich narození. Při takovém chápání kvantové mechaniky vlastnost polarizace už nepřísluší každému fotonu z páru odděleně, ale určitým způsobem je pouze sdílenou nebo holistickou vlastností nějakého nového druhu objektu. Tady nastává okamžik, v němž celek není přísně vzato pouhou sumou jeho částí. Nazvu tento pohled „kvantovým realismem“. Podle něj nemůžeme smysluplně přemýšlet o dvou oddělených fotonech cestujících prostorem, z nichž každý má svou vlastní jedinečnou a trvalou polarizaci. Kvantová realita je jiná; oddělitelnost zmizela a vztah celku k části není takový, jak ho popsal Kant vzhledem k anorganickému světu. Jakmile spolu dva objekty vstoupily do kvantově mechanické interakce, spojily se, aby se staly novou spojenou, „propletenou“ entitou, jak to nazval Schro- dinger. Nový propletený stav světla necestuje obvyklým způsobem, nýbrž se vyvíjí více holistickým způsobem a po celou cestu si zachovává svůj nejjednoznačný charakter.

V tomto momentě vznikne obrovský problém, s nímž jsme se setkali ve vývoji kvantové mechaniky už dříve. Jestliže je kvantová realita propletená překvapivými a jemnými způsoby, jak to, že my vidíme smyslovou realitu jako složenou z částí a nepropletenou? To je „problém měření“. Kvantová realita je celistvá, z jednoho kusu, *dokud* neprovedeme měření. Pak se nějakým způsobem to, co bylo jedním, stává dvěma; co bylo propleteným celkem, stává se rozpletenými částmi, a to se děje pokaždé. V případě párových fotonů v EPR experimentech se přesná polarizace nachází na jednom detektoru a navíc se vzdálený párový foton objeví současně s přesně korelovanou polarizací! Nejjednoznačný, propletený stav je jaksi redukován a redukce se odehrává neustále, na libovolně velké vzdálenosti. Je jasné, že Einsteinova podmínka lokality je porušena. Jak tuto nelokální redukci propleteného světla vysvětluje kvantová teorie, tj. jak vysvětluje prostý fakt měření? Nijak. Návrhů bylo mnoho, v minulosti i současnosti, ale žádnému se nepodařilo uchopit problém s měřením přesvědčivě. Jestliže kvantová realita *je*, pak přechod z ní do smyslové reality je zázračný. V tomto ohledu několik fyziků a filosofů, včetně nositele Nobelovy ceny Eugena Wignera, hovoří o aktivním působení mysli. Říkají, že zázrak redukce se odehrává aktivitou mysli okamžiku poznání. Argumentují tím, že pouze když člověk plně zapojí aktivní působení své mysli, může poznání vysvětlit.

Když chvíli necháme problém měření stranou, můžeme hledat lepší vysvětlení s ohledem na povahu světla. Jak dokázaly pokusy s fotony, vlastnost polarizace nemá jedinečnou, trvalou „lokální realitu“ v Einsteinově smyslu. Možná, že EPR problém s identitou je spojen pouze s vlastností polarizace. Světlo charakterizují jiné rysy než polarizace, které (doufejme) stejnou nejjednoznačností netrpí. Možná, že tyto další vlastnosti budou pevnější, lépe ohraničené a zachytitelné. Například vlastnost elektrického náboje u velkých částic je jednoznačná (takzvané pravidlo supersелеkce vyžaduje, aby se náboj vždy objevil v nepropleteném stavu). Ale foton nemá žádnou hmotu nebo náboj. Světlo vlastně formálně definují pouze čtyři vlastnosti; je to polarizace, vlnová délka, směr a intenzita. Už jsme viděli, že historie dráhy fotonu není jednoznačná, takže směr není lepší než polarizace. Pokusy ukazují, že vlnová délka (např. barva) a intenzita mají přesně stejný osud jako polarizace. Všechno se stává propleteným, jedna barva s druhou a tak dále. Závěr: Neexistuje opravdu jednoznačná vlastnost světla! Dnešní experimenty kvantové optiky jsou výzvou pro základní koncepci o rozdělitelné atomistické struktuře světa. Navíc víceméně totéž platí pro materiální částice. Například dokonce i hmotné objekty se mohou dostat do stejného propleteného superpozičního stavu, v jakém se nám ukazuje světlo.

Jak moc je to špatně? Velmi. Pokud je to pravda, a ono *to pravda je*, zdá se, že existují části reality (za předpokladu, že existuje realita), kde se vlastnosti jen tak jednoduše do věcí neotiskují. Bylo by to jako najít objekt, který nemá žádnou barvu, tvar, velikost, hmotu atd. Taková věc by nebyla ničím, ale pořád by zůstávala velmi zvláštní věcí. Jaké vlastnosti má světlo? Vypadá to jako jednoduchá otázka a kvantová teorie na ni dává jednoduchou odpověď: polarizace, vlnová délka, směr a intenzita. Když se nad tím zamyslíme hlouběji, ukáže se, že kvantová realita zachází s vlastnostmi světla mnohem odlišněji než realita

smyslová. Smyslové objekty musí mít přesně definované vlastnosti. Světlo z kvantově mechanického hlediska to nepotřebuje. Jeho vlastnosti jsou více holistické; obecně existují v neoddělitelných nebo propletených kombinacích, alespoň do okamžiku měření, ať už ho provádíme jakýmkoli způsobem. Od dob Galilea, Descartesa a Newtona hledali vědci „primární kvality“ věcí, tedy jednoznačné a neredukovatelné vlastnosti reality. Smysly poskytují pouze druhotnou zkušenost, ale za ní, říkají, spočívají primární kvality natažení, hmoty nebo pevnosti atd. Jaké primární kvality světla nám laskavě sdělují jeho jednoznačnou existenci? Pozoruhodná odpověď kvantového realismu zní, že žádné. Světlo jako trvalá, dobře vymezená, lokální entita mizí. Na jeho místě se objevuje jemný, propletený objekt, který v sobě skrývá všechny své čtyři kvantové kvality až do osudového aktu měření.

Jaké jsou odpovědi fyziků na tyto metafyzické závěry? Především ta, kterou Bell nazval FAPP (*for all practical purposes*, pro všechny praktické účely). Jeho zastánci říkají, že máme praktický způsob, jak postupovat, a udělali bychom lépe, kdybychom se vzdali naděje na nějaký objektivní obraz reality. Takový přístup důrazně obhajoval Bohr. Postupy navržené pro kvantovou teorii jsou vhodné „pro všechny praktické účely“. Zastánci FAPP říkají, že znepokojivé oblasti nejsou rozsáhlé, týkají se většinou filosofických důsledků a často s nimi můžeme pracovat tak, že téměř zmizí (ačkoliv úplně nezmizí nikdy). Takže fyzika FAPP je vcelku dostačující. Schrodinger proti však tomu co nejdůrazněji protestoval.

„Široce přijímaný [Bohrův] směr uvažování tvrdí, že objektivní obraz reality — v tradičním smyslu tohoto slova — vůbec nemůže existovat. Pouze optimisté mezi námi (a já se považuji za jednoho z nich) se na takový názor dívají jako na zoufalou filosofickou extravaganci, která vznikla proto, že čelíme vážné krizi. Doufáme, že takové změny koncepcí a názorů naznačují pouze složitý proces proměn, který nakonec povede k něčemu lepšímu, než je ten formulační zmatek, který v současnosti obklopuje náš předmět zkoumání.“

Vážná krize nezmizí tím, že ji budeme ignorovat. Zde jsou semínka sebedestrukce, o níž hovořil John Bell jako o něčem, co má kvantová teorie v sobě vepsáno. Kromě toho je zde mnoho zajímavých cest k prozkoumání, vzrušujících důsledků, s nimiž je třeba se vypořádat, přestože jsou pro tradiční realismus střizlivého uvažování nepřijemné. Lze docela dobře prokázat, že svět je koneckonců racionální, ale že jeho struktury jsou daleko rozmanitější než ty, které bezprostředně odhalujeme svými smyly. Měli bychom se učit od Bella, Einsteina a mnohých jiných vědců, abychom si plně uvědomovali, s čím se musíme vypořádat, abychom to přijímali nebojácně a střizlivě a abychom byli připraveni směle měnit naše obvyklé způsoby vidění.

Světlo dopadající na oko aktivuje zrak. Až do tohoto okamžiku žije světlo ve svém vlastním vesmíru, všechny vlastnosti uchopitelné střizlivým rozumem jsou obsažené v něm samotném. Jak jsme viděli v poslední kapitole, dokonce i prostor a čas ztrácejí svůj význam, když cestujeme světelnou rychlostí. Intervalu času a vzdálenosti zmizí. Když se světlo dotkne jakéhokoli atomu, vtáhne do sebe jeho atomovou historii a ještě důkladněji se proplete. Je ironií, že když to udělá, dramatické účinky EPR paradoxu se určitým způsobem snižují. Kvantová teorie obvykle předpovídá největší odchylky od zdravého rozumu u nejjednodušeji propleteného světla. Obecně platí, že kvantové účinky se oslabují s tím, jak stoupá propletení, jak mizí pro všechny praktické účely (FAPP). Ani to však není vždy pravda, a drama je tedy o to napínavější.

S hmotou, tj. s elektrony nebo jinými atomovými částicemi, byl proveden pokus jednofotonové interference, dokonce EPR experiment s párovým fotonem a mnoho dalších pokusů, o nichž jsem se nezmínil. Například neutrony, nenabitě prvky atomového jádra, byly nedávno použity v nádherné ukázké vlnové částicové duality zrovna takovým způsobem, jaký jsem popsal u fotonů. Před nedávným několik experimentálních výzkumných skupin použilo atomy, mnohokrát hmotnější než neutrony, a dostalo je do superpozičního stavu, který vykazuje stejné interferenční účinky jako nehmotné fotony.

Kromě toho bylo provedeno několik pokusů s mnoha částicemi, které ukázaly, že se stoupajícím počtem částic překvapující účinky způsobené propleteným stavem vždy nemizí. Pokusy ve Watsonově výzkumném centru IBM provedené Webbem, Teschem a Washburnem spojily milióny elektronů do kolektivního, propleteného stavu, aby vytvořily pozoruhodné kvantové mechanické účinky. Vysokoteplotné supervodiče také slibují, že se takové kolektivní kvantové stavy ještě více přiblíží každodennímu životu. Je možné, že odtažitost kvantových paradoxů nebude mít dlouhý život. Co potom uděláme s naším světem? Podle kvantového realismu je svět opravdu takový, jak nám ho popisují ortodoxní kvantové mechanismy. Vlastnosti fotonů jako dráha a polarizace opravdu před měřením neexistují. Nejednoznačnost v okamžiku měření mizí díky mechanismům, které ještě neznáme. Takový pohled přináší mnoho problémů; jaké jsou však alternativy? Je jich několik, ale podle mě je dnes a zřejmě i v budoucnosti tou nejvýznamnější alternativou Davida Bohma, o které jsem se zmínil už dříve.

Pro každý až dosud provedený pokus měl Bohm konzistentní teoretické vysvětlení. „Skutečný“ foton pokaždé cestuje po skutečné dráze se skutečnou polarizací a vlnovou délkou. Propletení kvantového realismu není podle něj propletení kvantových částic, ale jeho nového kvantového potenciálu. Platí to pro novou fyziku kvantové mechaniky, včetně záhad

s nelokalitou. Elektron, neutron nebo foton jsou řízeny tímto strašidelným polem. Když přijmeme existenci Bohmova kvantového potenciálu, můžeme vysvětlit každý pokus a navíc ještě můžeme podat vysvětlení každého měření! Svět smyslové skutečnosti, částic a polí je téměř stejný, jako byl vždycky, ale Bohm ho chápe jako projekci daleko subtilnějšího „implikátního řádu“; holismus EPR paradoxu a propletení jsou základními aspekty jeho povahy.

Bohmův pohled je zajímavý, ale k tomu, aby byly přijaty jeho hluboké nové důsledky, potřebuje přívržence. Především jde o kvantový potenciál a existenci zdroje energie uvnitř všech elementárních částic. Bohm tvrdí, že kvantový potenciál „netlačí od sebe“, ani „netáhne k sobě“ objekty způsobem, jakým to dělají jiné síly (například přitažlivost), ale spíše „informuje“ o jejich pohybu, stejně jako může být model dálkově řízeného letadla ovládán ze země. K vyslání signálu letadlu stačí velmi málo energie, ale důsledky přijetí signálu mohou být dramatické. Kvanta řízená kvantovým potenciálem se chovají právě jako takové letadlo.

V této chvíli vyvstává několik problémů. Nikdo nikdy nenašel přímý důkaz kvantového potenciálu. Nepatrné elektromagnetické signály řídící modely letadel a kosmické sondy mohou být zjištěny citlivým zařízením, jaká mají právě tato letadla a sondy. Proč jsme i přes experimentální výzkumy nikdy „strašidelné pole“ kvantového potenciálu nenašli? Jestliže existuje, pak musí k příslušné částici vysílat alespoň malé množství energie. Tato energie by se měla dát vystopovat, ale to se nikdy nestalo. Navíc model letadla má vlastní motor a vnitřní servomotory. Ty řídí informace přenášené radiovým signálem. Bohmův pohled naznačuje, jeho vlastními slovy, že každá elementární částice vlastní nějaký vnitřní „motor“. Na všech úrovních jsou částice inertní, ale na kvantové úrovni jsou „samohybatelné“. Avšak dosud žádné pokusy, dokonce ani při nejvyšších energiích a nejmenších rozměrech, nepřinesly žádný důkaz struktury v elektronu nebo „motorů“ uvnitř elementárních částic. Pro většinu fyziků je téměř nemožné představit si nějaký motor uvnitř fotonu či elektronu nebo to, že by strašidelný kvantový potenciál mohl být tak všudypřítomný, a přitom tak těžko polapitelný. Pro ně je snazší přijmout princip FAPP a kvantový realismus, dokonce i s problémem měření. Avšak pro můj způsob uvažování nabízí Bohm důležitou možnost, přestože jen málo, příliš málo vědců se k němu v jeho výzkumu fyziky implikátního řádu připojilo.

Oba názory, Bohmův přístup či kvantový realismus, znamenají ohromný posun v našem pojetí věcí. Jeho název „nelokalita“ je skromný, ale v jeho nitru se skrývá revoluce v myšlení. Nevzejdou z něj nové předpovědi ani nové vyspělé vynálezy, ale bude-li brán vážně, donutí nás udělat to, po čem Goethe, Thoreau, Whitman a tisíce dalších volali po staletí: chápat věci jako celek. Jak to vyjádřil Francis Thompson:

Všechny věci... jsou propojeny tak, že se nemůžeš dotknout květiny, aniž bys vyrušil hvězdu. Kdybychom se jednoho dne probudili a uviděli svět tímto způsobem, důsledky by otfáslý celou naši duši. Za předpokladu, že bychom se nezbláznili, by se vztah já k ty, jednotlivého člověka k planetě, mého chování k tvému převratně proměnil. Teorie nelineárních systémů Edwarda Lorenze přinesla „efekt motýlích křídel“. Let motýla v Riu de Janeiro může ve skutečnosti změnit počasí v Japonsku. Jestliže nám dynamika chaosu ukazuje mimořádnou delikátnost našeho světa, kvantová fyzika odkrývá jeho hlubokou intimitu. Každá představa o světle je součástí širší kulturní představy o člověku a světě. Jsme nyní na prahu nového světa; mohl by takový svět podporovat skutečnou ekologii lidských, zvířecích, rostlinných a nerostných komunit? V nedávných letech dostalo světlo novou a subtilní podobu; můžeme jenom doufat, že je to známka širší evoluční změny ve struktuře naší představivosti podporující ekologické vědomí.

Když se pokouším představit si světlo bez konkrétní barvy, směru šíření atd., rozumím úsilí středověkých teologů nebo umělců, když se pokoušeli zobrazit Boha, a vážím si toho, že si světlo vybrali jako jeden z atributů božského. O Boží existenci nebyly pochyby, ale o jeho vlastnostech ano. Cokoliv určitého, co o něm člověk řekl, jakýkoliv obraz, který Ho zobrazoval, byl nevyhnutelně neúplný a potenciálně zavádějící. Dokonce i tak prostá věc jako lokalizace Boha — to, kde Bůh je — byla velmi nebezpečná. Je dost překvapující, že velké potíže máme také s lokalizací světla. Viděli jsme, že jeho jiné vlastnosti jsou jemnými způsoby propleteny; jak je to ale s prostým smyslem pro místo? Jak ukáže následující podkapitola, pro žádný objekt není právě pojetí místa tak zbytečné jako pro světlo.