TEMA

marcus chown

musíme si promluvit o kelvinovi

VESMÍR A CO O NĚM PROZRAZUJÍ VŠEDNÍ VĚCI

TEMA

Marcus Chown

Musíme si promluvit o Kelvinovi

marcus chown

musíme si promluvit o kelvinovi

VESMÍR A CO O NĚM PROZRAZUJÍ VŠEDNÍ VĚCI

KNIHA ZLIN

Copyright © Marcus Chown, 2010
Translation © Lucie Kudlejová, 2010
Cover and layout © Lucie Mrázová, 2010

ISBN 978-80-87162-80-4

Věnováno Karen a Jo,
s láskou Marcus

Předmluva

Celý svět v zrnku písku zhlédnout
a nebe v polní květině,
na dlani sevřít nekonečnost
a věčnost v pouhé hodině.

William Blake – *Proroctví nevinnosti*

Nápad napsat tuto knihu byl jednoduchý: vzít běžné jevy všednodenního světa a ukázat, jaké hluboké pravdy nám ve světle současných vědeckých znalostí prozrazují o konečné povaze reality; čili číst kosmická znamení ve všedním světě. Anebo, slovy Williama Blakea, celý svět v zrnku písku zhlédnout, nebo v padajícím listu, v růži, v hvězdné noční obloze… Například:
– Odraz vaší tváře v okně sděluje šokující objev v historii vědy: a sice, že svět na jeho nejhlubší úrovni řídí náhody; že věci se nakonec dějí *zcela bez důvodu*.
– Skutečnost, že železo patří k běžným věcem – nachází se v oceli aut, která řídíme, v konstrukci budov, ve kterých pracujeme, dokonce i v krvi kolující v tuto chvíli v našich žilách – naznačuje, že kdesi v hlubinách vesmíru musí existovat rozžhavená pec o teplotě asi 4,5 miliard stupňů.
– Fakt, že na Zemi nejsou jiné bytosti – ať už lelkující na rozích ulic, andělsky poletující oblohou nad námi anebo zjevující se a mizející jako členové posádky hvězdné lodi *Enterprise* – říká… vlastně nevíme, co nám prozrazuje. Může to znamenat, že jsme první inteligencí, která se vyskytla v naší Galaxii, možná vůbec v celém vesmíru, a která je odsouzena k nesmírně osamělému uvěznění na Zemi, bez možnosti promluvit s někým dalším. Také to může znamenat, že vesmír je natolik nebezpečné místo, že každý putující kosmický druh je zničen ještě před tím, než by se nám dostal do cesty. To je jen jeden ze všedních postřehů, u něhož je, upřímně řečeno, vaše vysvětlení stejně tak dobré jako to moje.

Nápad psát o tom, co nám prozrazuje všední svět o vesmíru, jsem dostal v době, kdy jsem propagoval svoji poslední knihu, tedy v době mezi dvěma knihami. Být spisovatelem znamená žít mezi dvěma extrémy. Spoustu času jsem zavřen sám doma a společnost mi dělají pouze rybičky karase zlatého, George a Reg (Laura bohužel během psaní této knihy zemřela). Na krátký čas, právě v době propagace nově vyšlé knihy, se dostanu mezi lidi, do víru společnosti. A dovednosti nutné ke zviditelnění knihy jsou zcela odlišné od těch, které jsou zapotřebí k jejímu napsání. V rozhovorech pro rozhlas mám na předvedení toho, co se má uložit do myslí posluchačů, nanejvýš několik minut. Při veřejných debatách navíc většina publika nemívá vědecké vzdělání. Takže ustavičně vymýšlím nové, názorné, trefné způsoby, jak vše vysvětlit. A přitom jsem si náhle uvědomil, že když mluvím k nevědcům, obvykle uvedu nejprve nějaký všednodenní postřeh a ten pak vztáhnu na pokročilou fyziku.

Na Mezinárodním vědeckém festivalu v Edinburghu v roce 2008 jsem například potřeboval zdůraznit základní paradox, který vede ke kvantové teorii, tedy dosud nejlepšímu popisu mikroskopického světa atomů a jejich složek. A tak jsem v úvodu přitáhl pozornost publika k žárovce v sále a poukázal na to, že světelné vlnění, které z ní vychází, je asi 5000krát větší než samotné atomy. Potom jsem vyndal z kapsy krabičku zápalek a řekl: „Představme si, že jsem otevřel tuto krabičku a vytlačil z ní čtyřicetitunový náklaďák. Takové to je, když vychází světlo z té žárovky."

A jednoho dne jsem si na žárovku vzpomněl. Najednou mě napadlo, proč vlastně nenapsat knihu, kde bych se v každé kapitole zaobíral postřehem z běžného života a demonstroval na něm základní zákonitosti reality? Jak jednoduché. Proč mě to nenapadlo dřív? Náhle jsem si uvědomil, jak moc spolu souvisejí různé věci, o nichž jsem chtěl psát. Byla to silná jednotící nit.

Byl jsem nadšen. Ale měl jsem také obavu, že bych se mohl opakovat. Doufám však, že ačkoli se vracím k věcem, o kterých jsem mluvil již dříve v knihách *Čarodějná pec (The Magic Furnace)* a *Kvantová teorie*

nikoho nezabije (Quantum Theory Cannot Hurt You), prohloubil jsem diskusi a ukázal věci v novém světle. Jako dobrý příklad poslouží 400 let stará záhada, proč je obloha v noci tmavá. Stejně jako 99 procent astronomů jsem byl toho názoru, že tma o půlnoci nám prozrazuje, že zde vesmír neexistoval vždy, ale že se narodil – že důkaz o Velkém třesku je na dosah již od počátku lidských dějin, jen mít schopnost jej rozeznat. Možná jsem to dokonce již vyslovil ve své knize *Afterglow of Creation* (*v češtině dosud nevyšlo – pozn. překl.*). Nyní si uvědomuji, že noční tma toto neznamená ani v nejmenším. Většina astronomů se mýlí. A bizarní na tom je, že ze všech lidí to byl Edgar Allan Poe, kdo jako první zahlédl náznak pravdy.

Jiný příklad, ke kterému se sice vracím, ale rozvádím jej, je nekonečná rozmanitost světa, ve kterém žijeme, která je možná díky Pauliho vylučovacímu principu, jenž brání elektronům vršit se na sebe, a proto je tolik druhů atomů místo jediného. Byl jsem si vědom toho, že v knize *Kvantová teorie nikoho nezabije* jsem zdaleka nedosáhl úplného vysvětlení. Podařilo se mi ukázat, jak příroda umožňuje dvěma nerozeznatelným částicím chovat se různým způsobem: být buď společenská, nebo asociální. Pak jsem prohlásil, že příroda těží z obou těchto možností. Částice s konkrétním typem spinu se stanou asociálními – jako například elektrony – kdežto částice s jiným typem spinu – například fotony – jsou společenské. Co jsem však nevysvětlil, je to, co má spin kruci společného s tím, jak se částice nakonec projeví? Podal jsem jen poloviční vysvětlení. Na svou obhajobu mohu pouze říci, že Wolfgangu Paulimu to trvalo od roku 1926, kdy předložil vylučovací princip, do roku 1941, kdy přišel s vysvětlením vztahu ke spinu – takzvaným teorémem o spinové statistice částic. Proto se necítím tak špatně. Doufám však, že v této knize podávám vysvětlení úplné, takové, které, pokud vím, nenajdete v žádné jiné knize. Vše směřuje k tomu, abych ukázal, jak se neustále vyvíjí mé chápání a že se při psaní knih nesnažím jen sdělovat, co vím, ale také vyřešit různé záhady i ke své vlastní spokojenosti.

Kromě významu rozmanitosti světa a temné noční oblohy také vysvětluji, že složitost světa nám neprozrazuje pouze to, že Bůh hraje

s celým vesmírem kostky – nápad, který Einstein zamítl – ale že pokud by kostky nehrál, vůbec žádný vesmír by tu nebyl. Také polemizuji s tím, že se ukazuje, že směr času – důvod, proč nemládneme, ale stárneme – se zdá být nastaven z doby, kdy začala fungovat gravitace, tedy asi 380 tisíc let po Velkém třesku, což je objev, který Larry Schulman učinil v době, kdy jsem psal tuto knihu. A popisuji také objev Stephena Hawkinga, učiněný ve stejné době, a sice že skutečnost, že žijeme v nekvantovém světě, ve kterém lidé nikdy neprojdou dvěma dveřmi současně, znamená, že vesmír musel v minulosti projít explozí superrychlé expanze. To je nepochybně jeden z nejvíce udivujících závěrů učiněných na základě každodenní reality a podtrhuje tak Hawkingův jedinečný talent. Mohl bych uvést ještě spoustu dalších příkladů. Ale na úvod je to až moc dlouhé. Doufám, že si mou knihu užijete.

Marcus Chown
Londýn
V únoru 2009

PRVNÍ ČÁST

Co prozrazuje všední svět o atomech

Tvář v okně

O TOM, PROČ VÁM, STOJÍTE-LI PŘED OKNEM, DOSLOVA ZÍRÁ DO TVÁŘE NEJSKANDÁLNĚJŠÍ OBJEV V HISTORII VĚDY, A SICE ŽE SE VĚCI DĚJÍ ZCELA BEZDŮVODNĚ.

Složitost je světlem. Nezdolná složitost je sluncem.

Paul Valéry

Není pokroku bez paradoxu.

John Wheeler (1985)

Je noc, prší. Zasněně hledíte z okna na světla města. Vidíte auta jedoucí po ulici, ale zároveň vidíte i slabý odraz své tváře mezi pramínky vody stékajícími po okenní tabuli. Věřte nebo ne, tento jednoduchý postřeh sděluje o základní realitě cosi hlubokého a šokujícího. Prozrazuje, že vesmír je na své nejhlubší úrovni založen na nahodilosti a nepředvídatelnosti, na nevypočitatelném hodu kostkou, prozrazuje, že se věci dějí vlastně úplně bez důvodu.

Důvodem, proč jste schopni vidět zároveň světla města i slabý odraz své tváře, která na vás upřeně hledí z tabulky skla, je to, že sklo v okně propustí asi 95 procent dopadajícího světla, zatímco okolo pěti procent paprsků je odraženo zpět. Jestliže přijmeme obecný názor, že světlo je vlnění podobné vlnám na vodě, je to snadno pochopitelné. Představme si člun plující po jezeře, který vytvoří vlnu a ta narazí do kusu částečně ponořeného naplaveného dřeva. Větší část vlny prostě pokračuje dál, nezasažena překážkou, zatímco její malá část se vrátí zpět. Když světelná vlna narazí na překážku okna, je zrovna tak většina vlny propuštěna skrz okno, zatímco její malá část se odrazí.

Takové vysvětlení toho, proč vidíte svou tvář v okně, je zřejmé. Určitě vás ani nenapadne, že by mohlo mít zásadní souvislost s povahou

základní reality. To je však iluze. Světlo není tím, čím se zdá být. Má v rukávu trumf, kterým tento jednoduchý obrázek podkopává, a všechno tím mění. Ve dvacátém století byla popsána spousta jevů, díky nimž se ukázalo, že světlo se nechová jako vlna, jako vlnění rozprostírající se na jezeře, nýbrž jako proud částic podobných malým kuličkám. Na velmi zvláštní způsob, jakým světlo odráží elektron a odklání jej z jeho původní dráhy, poukázal kupříkladu Comptonův jev. V roce 1897 objevil britský fyzik J. J. Thomson, že elektron je částice menší než atom. Že je ve skutečnosti jednou z jeho klíčových součástí.

V roce 1920 se americký fyzik Arthur Compton rozhodl prostudovat, co se stane se světlem, když bude namířeno na elektrony. Domníval se, že světelné vlnění nadnáší elektrony asi jako vodní vlna bójku. Pokud jste takovou věc někdy viděli, víte, že velikost vlny neboli „vlnová délka" zůstane nezměněna. Jinými slovy, vzdálenost mezi po sobě jdoucími vrcholy vlnek je stejná pro odcházející i přicházející vlnu. Při Comptonově experimentu se však stalo něco úplně jiného. Poté, co světelné vlny odrazily elektron, jejich vlnová délka se prodloužila. A čím více se směr světla při strážce s elektronem změnil, tím větší změna vlnové délky nastala. Atomy jako by pouhým odražením elektronu magicky změnily modré světlo, charakteristické svou krátkou vlnovou délkou, na červené, které má vlnovou délku větší.[1] Čím delší, pomalejší vlna je, tím méně je ve srovnání s krátkou, rychlou vlnkou energická. Výsledkem Comptonových experimentů tedy bylo, že když světlo odrazí elektron, jako by ztratilo část energie.

Comptonův původní předpoklad toho, co se se světlem děje, byl vyvrácen. Světlo se v jeho experimentech ani v nejmenším nechovalo jako vodní vlna nadnášející bójku. Čím více o tom přemýšlel, tím jasněji si uvědomoval, že světlo se ve skutečnosti chová spíše jako kulečníkové koule narážející jedna do druhé. Když se udeří do koule tágem, ta vyrazí vpřed a nese s sebou část energie z tága. Tágo tak nevyhnutelně energii ztrácí. O elektronech se již vědělo, že jsou jako malé kulečníkové koule, ale o světle existovala domněnka, že se šíří

prostorem ve formě vlnění. Comptonovy experimenty však byly nezpochybnitelné. Navzdory staletím, kdy vládlo přesvědčení o opaku, světlo také určitě sestává z částic podobných malým kulečníkovým koulím. Za svou průkopnickou práci, která potvrdila, že světlo existuje ve formě částic, byl Compton oceněn v roce 1927 Nobelovou cenou za fyziku.

Další důkaz o tom, že se světlo chová jako proud částic, se dostavil díky objevu fotoelektrického jevu. Důvěrně jej všichni známe ze supermarketu, když se blížíme ke vstupním dveřím a vidíme, jak se samy rozevírají, podobně jako když se před Mojžíšem rozestoupilo Rudé moře. Spouštěcím mechanismem rozevírání dveří je porušení světelného paprsku například nohou. Paprsek ozařuje „fotobuňku", zařízení, které obsahuje kov emitující elektrony, kdykoliv na něj dopadne světlo. To je možné proto, že elektrony jsou na své mateřské atomy vázány jen velmi volně, čili je energie dodaná světlem dostatečná pro jejich snadné odloučení. Pokud někdo světelný paprsek dopadající na fotobuňku přeruší, ta je zastíněna, a vyzařování elektronů se tím zastaví. Elektronika v zařízení je nastavena tak, aby se dveře otevřely v okamžiku, kdy se zastaví proud elektronů.

Jaká je tedy souvislost mezi fotoelektrickým jevem a částicovou povahou světla? Pokud by světlo bylo skutečně vlněním, je téměř nemožné vysvětlit, jak by mohlo být schopno předávat energii malému lokalizovanému elektronu. Jestliže by bylo rozptýleno, typická světelná vlna by působila na velké množství elektronů rozprostřených na kovovém povrchu. Nevyhnutelně by některé z nich byly odlučovány později než jiné. Z výpočtů vyplývá, že některé elektrony jsou ve skutečnosti odmrštěny dokonce až deset minut po ostatních. Představme si tedy, že by proudu elektronů trvalo deset minut, než by zaplnil fotobuňku, a zákazníci supermarketu by si tak museli na otevření dveří deset minut počkat.

Připustíme-li však, že světlo je složeno z malých částic a každá z nich reaguje s jedním elektronem v kovu, vše začíná dávat smysl. Světlo působí spíše ve formě fotonů, než že by přenášelo rozptýlenou

energii na velké množství elektronů. Nejenže každý foton emituje jediný elektron, ale emituje jej rychle, ne s desetiminutovou prodlevou. Částicové povaze světla patří náš dík za rychlý vstup do supermarketu.

Tolik k vysvětlení fotoelektrického jevu coby malých porcí neboli kvant světla, za který byla v roce 1921 Einsteinovi udělena Nobelova cena za fyziku. Mnohým to připadá překvapivé. Podivují se nad tím, proč Einstein nedostal cenu za relativitu, teorii, která jej proslavila a která již navždy změnila náš pohled na prostor a čas. Einstein samotný však vždy viděl relativitu jako přirozený, nikoli překvapivý důsledek fyziky 19. století.[2] Naproti tomu kvanta považoval mezi všemi svými životními objevy za jedinou doopravdy revoluční myšlenku.

Einstein publikoval svůj článek o existenci kvant v onom zázračném roce, ve kterém zveřejnil i teorii relativity. Pět let před tím, tedy v roce 1900, našel německý fyzik Max Planck způsob, jak vysvětlit nejasnou povahu tepla vycházejícího z ohně. Předpokládal, že atomy mohou vibrovat pouze na určitých energetických hladinách a tyto energie že jsou vždy násobky jakýchsi základních množství neboli kvant energie. Planck se domníval, že tato kvanta nejsou nic víc než matematický trik bez jakékoli fyzikální významnosti. Einstein byl první, kdo je spatřil jako skutečně reálná – poletující prostorem jako proud fotonů v paprsku světla.

Krabička zápalek, která spolkla čtyřicetitunový náklaďák

Skutečnost, že se světlo v některých situacích chová jako drobné lokalizované částice, je zřejmá i díky jednomu z nejdůvěrněji známých všedních jevů – světlu vycházejícího z vlákna žárovky a tomu, že jej naše oko absorbuje. Důvod má co dělat s konstrukcí vlákna a sítnicí našeho oka. Jako veškerá hmota jsou i tyto tvořeny atomy.

Názor, že vše je složeno z atomů, původně pochází od řeckého filosofa Démokrita, který kolem roku 440 před naším letopočtem zdvihl kámen či větev, možná to byl i kousek keramiky, a položil si otázku:

„Pokud tento předmět rozpůlím, potom obě poloviny rozříznu opět na poloviny, mohu pokračovat v tomto dělení donekonečna?“ Démokritos si sám i odpověděl. Bylo pro něj nepředstavitelné, že by hmota mohla být tímto způsobem dělena donekonečna. Dříve nebo později, pomyslel si, musím dojít k malinkému zrnku hmoty, která již napůl rozdělit nepůjde. A jelikož nedělitelný se řecky řekne *a-tomos*, Démokritova elementární zrnka hmoty vešla ve známost jako atomy.

Démokritos šel ve svých myšlenkách dokonce ještě dál a odhadoval, že existuje celá řada různých druhů atomů podobných mikroskopickým kostičkám Lega a jejich různým skládáním že lze vytvořit například růži, obláček nebo zářivou hvězdu. Klíčovou myšlenkou však zůstává to, že realita je skutečně částicové povahy, složená z drobných, pevných zrníček hmoty. To je myšlenka prověřená staletími.[3]

Ukázalo se, že atomy jsou velmi malé. K řetězci napříč špendlíkovou hlavičkou by jich bylo zapotřebí více než milion. Ověřování jejich existence bylo tudíž velmi těžké. Za celou dobu trvání vědy byla o jejich existenci nastřádána celá řada nepřímých důkazů, až do roku 1980 však atom nikdo neviděl. V tomto roce sestrojili dva fyzikové z IBM geniální zařízení zvané řádkovací tunelový mikroskop (Scanning Tunneling Miscroscope, STM).

Vědci Gerd Binning a Heinrich Rohrer získali za sestrojení STM v roce 1986 Nobelovu cenu. V zásadě toto zařízení posunuje po povrchu materiálu mikroskopický prst a pohyby nahoru a dolů snímá přechody přes atomy, velmi podobně jako je slepý člověk schopen prstem cítit nerovnosti něčí tváře. A stejně jako si slepec vytvoří obrázek tváře, kterou cítí, STM vytvoří počítačové zobrazení povrchu, po kterém se pohybuje.

Vyvinutím STM se Binning a Rohrer stali prvními lidmi v historii, kteří jako bohové shlédli mikroskopický svět atomů. A to, co viděli na obrazovce počítače, bylo přesně to, co si před 2500 tisíci let představoval Démokritos. Atomy vypadaly jako malé tenisové míčky. Jako jablka vyrovnaná v bedýnkách. Dosud nikdy v historii vědy nikdo nic nepředpověděl v takovém předstihu před experimentálním důkazem.