

Proč Bůh hraje s vesmírem v kostky

JAK JSME PŘIŠLI NA TO, ŽE VE SVĚTĚ ATOMŮ SE VĚCI DĚJÍ NAPROSTO BEZDŮVODNĚ

Jeden filozof kdysi řekl: „Pro existenci vědy je naprosto nezbytné, aby tytéž podmínky vedly k týmž výsledkům.“ A vida – nevedou!

Richard Feynman

Je rok 2025. Vysoko na opuštěném vrcholu hory propátrává ohromný stometrový teleskop noční oblohu. Zaměří se na protogalaxii na hranici pozorovatelného vesmíru a zrcadlo teleskopu soustředí slabé světlo, které cestovalo vesmírem dlouho před vznikem Země, na ultrasenzitivní elektronické detektory. V kopolu teleskopu u kontrolního panelu, ne nepodobného konzoli hvězdné lodi Enterprise, sledují astronomové, jak se na monitoru počítače vynořuje rozmazaný obraz galaxie. Někdo zapne reproduktor a kontrolní místnost zaplní ohlušující praskot. Zní to jako střelba ze samopalu; jako bubnování deště na plechovou střechu. Ve skutečnosti je to zvuk nepatrných světelných částic, které přší na detektory teleskopu z hlubin vesmíru.

Pro tyto astronomy, v jejichž popisu práce je pokoušet se objevit nejslabší zdroje světla ve vesmíru, je zcela evidentní, že světlo je proud maličkých, kulkám podobných částic – fotonů. Ještě přednedávnem se ale mnozí vědci takové představě zuby nehty bránili. Je třeba to říci na rovinu: objev, že světlo přichází v diskrétních (nespojitéch) balíčcích či porcích, kvantech, představoval největší šok v historii vědy. Pohodlné a přehledné kulisy vědy před rokem 1900 byly strženy a fyzici najednou stáli před drsnou realitou vesmíru podobného Alenčině říši divů, kde se věci dějí, protože se dějí, naprosto bez ohledu na zažité zákony příčiny a důsledku.

První člověk, který přišel na to, že světlo se skládá z fotonů, byl Einstein. Jen pokud si světlo představil jako proud nepatrných částic, byl schopen vysvětlit úkaz známý jako fotoelektrický jev. S fotoelektrickým jevem se setkáváte například tehdy, když vstupujete do supermarketu a dveře se před vámi automaticky otevřou. Některé kovy reagují na působení světla uvolňováním částic elektriny – elektronů. Pokud je kov součástí fotobuňky, generuje slabý elektrický proud tak dlouho, dokud na něj dopadá paprsek světla. Zákazník paprsek zastaví, přeruší elektrický proud a dá dveřím znamení, že se mají otevřít.

Jednou z mnoha pozoruhodných vlastností fotoelektrického jevu je, že i když použijeme velmi slabé světlo, elektrony jsou z kovu uvolněny okamžitě – bez sebemenší prodlevy.* Pokud je světlo vlnou, je to nevysvětlitelné. Vlna je rozložená v prostoru a dostane se do interakce s mnoha elektrony. Některé z nich budou nutně vyraženy z atomu později než ostatní. Některé elektrony by ve skutečnosti mohly být z kovu „vykopnuty“ až nějakých deset minut poté, co na něj dopadl paprsek světla.

Jak je tedy možné, že se elektrony z kovu uvolní okamžitě? Existuje jediné vysvětlení: každý elektron je z kovu vyražen *jedinou částicí světla*.

Ještě pádnějším důkazem, že světlo se skládá z částic podobných kulkám, je Comptonův jev (zvaný též Comptonův rozptyl). Když vystavíme elektrony rentgenovému záření – což je světlo s vysokým obsahem energie –, odrážejí se naprosto stejně jako kulečnickové koule zasažené jinými kulečnickovými koulemi.

Na první pohled se nám objev, že se světlo chová jako proud částic, nemusí zdát až tak pozoruhodný nebo překvapivý. Jenže je. Protože existuje také spousta přesvědčivých důkazů, že světlo je něco

* Další zajímavou vlastností fotoelektrického jevu je, že kov žádné elektrony neemituje, pokud na něj dopadá světlo o vlnové délce (= vzdálenost mezi sousedními hřebeny vlny) přesahující jistý práh. Důvodem, jak zjistil Einstein, je fakt, že energie světelných fotonů se snižuje s rostoucí vlnovou délkou. Pokud fotony přesáhnou určitou vlnovou délku, nemají dostatečnou energii na vyražení elektronu z kovu.

úplně jiného a od proudu částic tak odlišného, jak si jen lze představit: vlna.

Vlnky na vesmírném moři

Anglický lékař Thomas Young, který se proslavil tím, že nezávisle na Francouzi Jeanu Francoisi Champollionovi rozluštil texty na Rosettské desce, vzal na počátku devatenáctého století neprostupnou překážku, neprůhledné stínítko, na dvou místech velmi blízko u sebe ho vertikálně rozřízl a posvítil na obě štěrbinu světlem stejné barvy. Pokud je světlo vlna, uvažoval, bude každá štěrbinina fungovat jako nový zdroj vln, které se budou šířit ke vzdálenějšímu konci stínítka jako soustředné kruhy na vodě.

Charakteristickou vlastností vln je interference. Pokud se setkají dvě podobné vlny, zesilují se tam, kde se jejich hřebeny střetnou, a ruší se tam, kde se hřeben jedné vlny setkává s údolím vlny druhé. Podívejte se na louži vody, když prší, a uvidíte, jak se od každé dešťové kapky šíří kruhové vlnky a „konstruktivně“ i „destruktivně“ na sebe působí.

Světlu vycházejícímu ze štěrbin postavil Young do cesty další, bílé stínítko. Okamžitě se na něm objevily tmavé a světlé vertikální pruhy, podobně jako na čarovém kódu na zboží v supermarketu. Tento tzv. interferenční obrazec přinesl nezvratný důkaz, že světlo je vlnění. Tam, kde se vlny vycházející z obou štěrbin shodovaly a jejich hřebeny se střetávaly, získalo světlo na síle; tam, kde se neshodovaly, se navzájem vyrušilo.

Pomocí svého „dvojštěrbinového“ přístroje dokázal Young určit vlnovou délku světla. Zjistil, že je to pouhá tisícina milimetru – tisíckrát méně než tloušťka lidského vlasu –, což vysvětlovalo, proč s tímto objevem nepřišel nikdo před ním.

Během následujících dvou století kraloval Youngův obraz světla coby vlnek na vesmírném moři světu fyziky a jeho pomocí se vysvětlovaly veškeré známé jevy týkající se světla. Ale na sklonku devatenáctého století se začaly objevovat první problémy. I když si toho

zpočátku málokdo všiml, obraz světla jako vlny byl neslučitelný s obrazem atomu jako nepatrného zrníčka hmoty. Problémy vznikaly na rozhraní, tam, kde se světlo setkává s hmotou.

Dvě strany téže mince

Vzájemné působení světla a hmoty je pro náš každodenní život nesmírně důležité. Kdyby atomy ve vláknu žárovky nevysílaly světlo, nemohli bychom si doma rozsvítit. Kdyby atomy na sítnici vašeho oka světlo nepohlcovaly, nečetli byste tato slova. Problém spočívá v tom, že emise a absorpci světla není možné pochopit, pokud je světlo vlna.

Atom je vysoce lokalizovaný objekt, zabírající jen nepatrný zlomek prostoru, zatímco vlna je prostorově rozlehlá, zabírá spoustu místa. Takže jestli atom pohlcuje světlo, jak se tak velká věc může nacpat do něčeho tak maličkého? A pokud atom vyzařuje světlo, jak může tak nepatrná věc vyplivnout něco tak velkého?

Zdravý rozum napovídá, že světlo může být pohlceno nebo vyzářeno malou lokalizovanou věcí jen tehdy, pokud je samo malá lokalizovaná věc. „Nic se nevejde dovnitř hada tak dobře jako další had,“ říká se. Víme ale, že světlo je vlna. Fyzikům zbyl jediný způsob, jak tento hlavolam rozlousknout: zoufale rezignovat a neochotně přiznat, že světlo je jak vlna, tak částice. Ale přece něco nemůže být současně lokalizované i rozložené v prostoru? V našem každodenním světě jistě ne. Důležité ale je, že tady není řeč o našem každodenním světě: mluvíme o světě mikroskopickém.

Ukazuje se, že mikrosvět atomů a fotonů se vůbec nepodobá světu stromů, mraků a lidí, jak ho známe. A protože jde o svět milionkrát menší než svět nám známých objektů, proč by se mu podobat měl? Světlo je skutečně jak částice, tak vlna. Nebo, přesněji řečeno, světlo je „něco jiného“, něco, pro co nemáme v obyčejném světě slovo ani přirovnání. Stejně jako u mince o dvou stranách vidíme jen její částicovou (korpuskulární) a vlnovou stranu. Čím je světlo *ve skutečnosti*, to je pro nás stejně nepoznatelné jako pro slepého modrá barva.