

Podstatou stromu je uhlík, a odkud pochází? Pochází ze vzduchu; je to oxid uhličitý ze vzduchu. Lidé se dívají na stromy a myslí si, že [materiál stromu] pochází z půdy; rostliny vyrůstají ze země. Ale když se zeptáte „odkud ta látka pochází“, zjistíte ... že stromy pocházejí ze vzduchu ... oxid uhličitý a vzduch vstupují do stromu a přemění se, přičemž vyvrhnou kyslík... Víme, že kyslík a uhlík [v oxidu uhličitém] jsou spojeny velmi pevně... Jak to strom dělá, že je dokáže tak snadno rozdělit? ... Je to sluneční světlo, které sestupuje a odcvrkne tento kyslík pryč od uhlíku ... zůstává uhlík a voda, které se stanou látkou tvořící strom!

Richard Feynman¹

Massachusettský technologický institut, známý jako MIT, je jednou z hybných sil světové vědy. Byl založen roku 1861 v Cambridge v Massachusetts a mezi tisícovkou svých profesorů se může pochlubit devíti současnými laureáty Nobelovy ceny (od roku 2014). Mezi jeho absolventy patří astronauti (jedna třetina vesmírných letů NASA byla obsazena absolventy MIT), politici (včetně Kofiho Annana, bývalého generálního tajemníka OSN a nositele Nobelovy ceny míru za rok 2001), podnikatelé jako William Reddington Hewlett, spoluzakladatel společnosti Hewlett-Packard, a samozřejmě mnoho vědců, včetně nositele Nobelovy ceny, architekta kvantové elektrodynamiky, Richarda Feynmana. Jedním z jeho nejslavnějších obyvatel však není člověk, je to ve skutečnosti rostlina, jablonoň. Roste v Prezidentské

zahradě ve stínu ikonického Pantheonesque Dome a je klonem jiného stromu, který se nachází v anglické Královské botanické zahradě a jenž je sám přímým potomkem skutečného stromu, pod kterým údajně seděl sir Isaac Newton, když pozoroval pád svého slavného jablka.

Jednoduchá, ale hluboká otázka, o které Newton přemýšlel sedě pod stromem na farmě své matky v Lincolnshiru před třemi a půl stoletími: *proč jablka padají?* Může se zdát nezdvořilé tvrdit, že jeho odpověď, jedna z těch, které způsobily revoluci ve fyzice a vlastně ve všech vědách, by mohla být nějak nedostatečná, ale je zde jedna stránka této slavné scény, kterou Newton nezaznamenal a která zůstala nepovšimnuta: v první řadě, co vlastně vůbec dělají jablka nahoře na stromě? Pokud zrychlení jablka při pádu na zem bylo záhadné, není pak ještě daleko nevysvětlitelnější spojení lincolnshirského vzduchu a vody za vzniku kulatého objektu usazeného ve větvích stromu? Proč si Newton lámal hlavu s poměrně triviální záležitostí přitažlivého působení zemské gravitace na jablko a zcela nepochopitelně naprosto přehlédl primární záhadu vzniku ovoce?

Jedním z faktorů, které by mohly vysvětlit nedostatek zvědavosti Isaaca Newtona, byl převládající názor sedmnáctého století, že ačkoliv hrubá mechanika všech objektů, včetně živých, může být vysvětlena fyzikálními zákony, jejich zvláštní vnitřní dynamiku (stanovující, mimo jiné, jak rostou jablka) pohání zvláštní životní síla neboli *élan vital*, která proudí z nadpřirozeného zdroje mimo dosah jakékoliv bezbožné matematické rovnice. Ale jak jsme už zjistili, vitalismus odvanul následkem pokroků v biologii, genetice, biochemii a molekulární biologii. Žádný seriózní vědec dnes nepochybuje o tom, že život může být vysvětlen ve sféře vědy; nadále však zůstává otázka, která z věd může toto vysvětlení nejlépe poskytnout. Navzdory alternativním názorům vědců, jako byl Schrödinger, většina biologů stále věří, že postačují klasické zákony s newtonovskými silami působícími na míče a hokejky biomolekul, které se chovají zkrátka jako míče a hokejky. Dokonce i Richard Feynman, jeden ze

Schrödingerových intelektuálních následovníků, popsal fotosyntézu (v pasáži citované v úvodu této kapitoly) v přísně klasických termínech, tedy že „sluneční světlo, které sestupuje, odcvrkne tento kyslík pryč od uhlíku“, jako by světlo bylo nějaký golfista, který dokáže golfový míček kyslíku odpálit z molekuly oxidu uhličitého.

Molekulární biologie a kvantová mechanika vznikly paralelně, nikoliv ve spolupráci. Biologové se sotva účastnili přednášek o fyzice a fyzikové věnovali jen malou pozornost biologii. Ale v dubnu 2007 si skupina fyziků a matematiků z MIT, kteří pracovali ve spíše ezoterické oblasti nazývané kvantová teorie informace, užívala jeden ze svých pravidelných journal klubů (kde každý člen představil ostatním nový článek, který objevil ve vědecké literatuře), když jeden člen skupiny přišel s výtiskem *New York Times* obsahujícím článek, který popisoval rostliny jako *kvantové počítače* (více si o těchto pozoruhodných strojích řekneme v kapitole 8). Skupinu zachvátil výbuch smíchu. Jeden člen týmu, Seth Lloyd, vzpomínal na první zmínku o „kvantových techtle-mechtlích“: „Byla to skutečná hysterie (...) jako: ‚Ach, Bože, to je ta největší pitomost, jakou jsem kdy v životě slyšel!‘“² Příčinou jejich nedůvěry byla skutečnost, že mnoho nejlepších a nejlépe financovaných výzkumných skupin na světě strávilo desetiletí snahou zjistit, jak sestavit kvantový počítač, tedy přístroj, který by mohl provádět určité výpočty mnohem rychleji a mnohem účinněji než nejsilnější počítače, které jsou dnes na světě k dispozici (protože nepočítají s digitálními bity informací, které jsou buď ve stavu 0, anebo 1, nýbrž mohou být ve stavech 0 a 1 současně, a tedy jsou schopny sledovat všechny možné výpočty zároveň – poslední výkřik paralelního zpracovávání). Článek v *New York Times* tvrdil, že prostý list trávy je schopen provádět některé kvantové triky, které leží v srdci kvantové výpočetní techniky. Není divu, že tito vědci z MIT byli skeptičti. Možná že nebudou schopni postavit funkční kvantový počítač, ale pokud by článek měl pravdu, mohli by nějaký sníst ve svém salátě k obědu!

A mezitím, nedaleko místnosti, kde se členové journal klubu z MIT kvantově popadali smíchy za břicha, svištěl rychlostí 300 000 kilometrů za vteřinu vstříc stromu se slavným rodokmenem foton světla.

Ústřední záhada kvantové mechaniky

K fotonu a stromu a k tomu, jak mohou souviset s kvantovým světem, se brzy vrátíme, nejprve se však musíme seznámit s nádherně jednoduchým experimentem, který upozorňuje na to, jak je kvantový svět opravdu podivný. I kdybychom dělali, co je v našich silách, abychom co nejlépe vysvětlili význam pojmů jako „kvantová superpozice“, nic nemůže podstatu vyložit lépe než slavný experiment se dvěma štěrbinami, který zde popíšeme.

Dvouštěrbinový experiment přináší nejjednodušší a nejsolidnější ukázkou toho, že v kvantovém světě *je všechno jinak*. Částice se mohou chovat jako vlnění rozpínající se prostorem a vlnění se někdy může chovat jako jednotlivá lokalizovaná částice. S touto dualitou částice a vlnění jsme se už setkali: v úvodní kapitole, jako se zvláštností, která je nezbytná k tomu, aby Slunce produkovalo energii; a v kapitole 3, kde jsme viděli, jak vlnové vlastnosti umožňují elektronům a protonům pronikat přes energetické bariéry uvnitř enzymů. V této kapitole zjistíte, že dualita vlnění a částice se podílí také na nejdůležitějších biochemických reakcích v biosféře: na přeměně vzduchu, vody a světla v rostliny, mikroby a nepřímo všechno ostatní. Ale nejprve musíme odhalit, jak nám onu výstřední představu, že částice mohou být na více místech najednou, vnutil jeden z nejjednodušších, nejelegantnějších, ale také nejdůležitějších experimentů, které byly kdy provedeny: experiment, který podle Richarda Feynmana „v sobě skrývá srdce kvantové mechaniky“.

Upozorňujeme však, že to, co zde budeme popisovat, vypadá jako nesmysl a možná budete mít pocit, že zkrátka musí existovat nějaké racionálnější vysvětlení. Můžete se snažit uhádnout, v čem

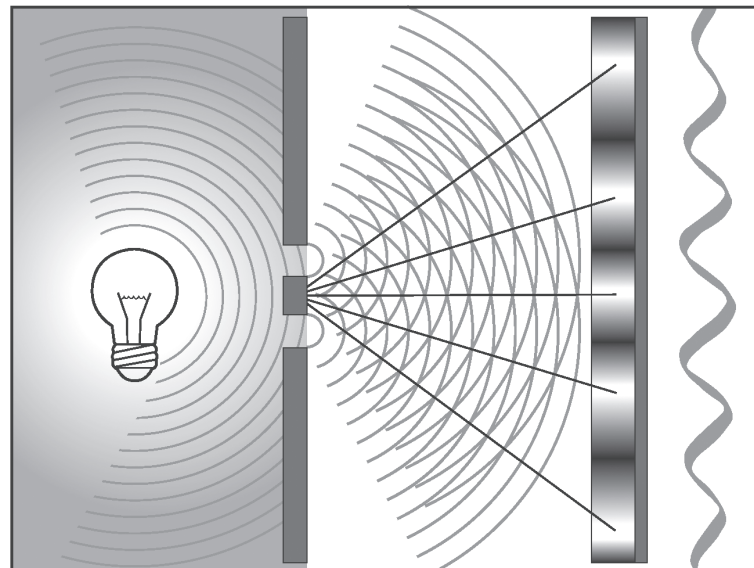
vězí tenhle zdánlivě kouzelnický trik. Anebo můžete mít za to, že tento experiment je jen teoretická spekulace, již si vysnili vědci, kteří neměli dost představivosti, aby pochopili, jak příroda funguje. Ale žádné z těchto vysvětlení není správné. Experiment se dvěma štěrbinami sice odporuje (selskému) rozumu, ale je reálný a byl proveden tisíckrát.

Tento experiment popíšeme ve třech fázích. První dvě pouze připraví scénu, abyste pak náležitě ocenili nepochopitelné výsledky třetí, nejdůležitější fáze.

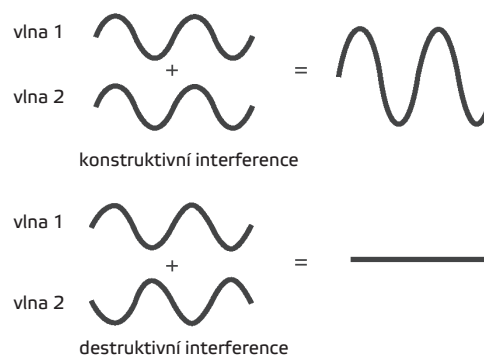
Zprv, paprsek monochromatického světla (sestavajícího z jediné barvy, tedy vlnové délky) dopadá na stínítko se dvěma úzkými štěrbinami, které dovolují troše světla projít oběma štěrbinami na druhé stínítko (obr. 4.1). Pečlivým nastavením šířky štěrbin, jejich vzájemné vzdálenosti od sebe a vzdálenosti mezi oběma stínítky, můžeme vytvořit posloupnost světlých a tmavých pruhů na druhém stínítku, známou jako interferenční obrazec.

Interferenční obrazce jsou podpisem vlnění a je snadné spatřit je v jakémkoliv zvlněném médiu. Hoďte do klidného rybníka oblázek a dívejte se, jak se z místa šplouchnutí šíří soustředné kruhové vlny. Vhoďte do stejného rybníka dva oblázky a každý z nich vygeneruje vlastní expandující soustředné vlny, ale tam, kde se vlny od obou oblázků překrývají, uvidíte interferenční obrazec (obr. 4.2). Kdekoliv se vrchol jedné vlny setká s údolím druhé, navzájem se vyruší, takže v těchto místech nevzniká žádná vlna. Toto se nazývá destruktivní interference. Naopak tam, kde se setkávají dva vrcholy nebo dvě údolí, tam se navzájem posilují a vytvářejí dvojnásobnou vlnu: toto se nazývá konstruktivní interference. Tento obrazec vyrušení a posílení vln vzniká v jakémkoliv zvlněném médiu. Ve skutečnosti to byla právě demonstrace interference světelných paprsků v rané verzi dvouštěrbinového experimentu, která před dvěma stoletími přesvědčila anglického fyzika Thomase Younga a většinu ostatních vědců, že světlo je ve skutečnosti vlnění.

Interference ukazující se při dvouštěrbinovém experimentu jsou v první řadě důsledkem způsobu, jakým vlnění prochází



Obrázek 4.1: Dvouštěrbinový experiment, etapa 1. Při monochromatickém osvětlení (se specifickou vlnovou délkou) obou štěrbin působí pak každá štěrbina jako nový zdroj světla na druhé straně. Kvůli svému vlnovému charakteru se světlo rozptyluje (difraktuje či „ohýbá“), když se protlačuje skrz každou štěrbinu, takže kruhové vlny se vzájemně překrývají a interferují, což vede ke vzniku světlých a tmavých pásů na zadním stínítku.



Obrázek 4.2: Konstruktivní a destruktivní interference vln.