

Einstein by se opravdu divil

Odpověď na kritickou recenzi "*Einstein by se divil*" knihy "*Elegantní vesmír*" od Jiřího Chýly

Luboš Motl, Ph.D., Harvardova univerzita, USA

Kniha Briana Greenea *Elegantní vesmír* byla na Západě přijata s nadšením nejen mezi laickou veřejností, které je kniha určena především, ale také mezi veřejností odbornou. Některé vůdčí osobnosti dnešního fyzikálního světa, například David M. Lee, nositel Nobelovy ceny, Edward Witten, pravděpodobně nejrespektovanější teoretický fyzik současnosti, nebo z matematiků Shing-Tung Yau, svá jména rádi propůjčili k reklamním recenzím na obálce, a pokud vím, neobjevil se ani jeden známější fyzik, který by si zasloužil pojmenování "kritik" Greeneovy knihy.

O přitažlivosti a jazykové rafinovanosti Greeneova výkladu už bylo napsáno hodně recenzí, a to i v českém kontextu. Greene pochází z rodiny umělců, sám hrával ochotnické divadlo a herecké, řečnické, jazykové i vypravěčské nadání má v krvi. Jeho popularizační přednášky jsou úspěšné, a pokud se někomu nelíbí, nelze mu právo na odlišný vkus upřít. Totéž lze konec konců říct také o jazyce užitém v jeho knize a o kvalitě překladu. Není snad překvapením, že se řadím k těm, kdo Greeneovo dílo považují za velký krok v popularizaci fyziky, a to i po stránce užitého jazyka a organizace textu, a že kdybych si byl vědom nedostatků v mém překladu nebo ho považoval za literárně slabý, nikdy bych ho býval neodevzdal do nakladatelství. Soud přenechám čtenářům. Chci se ale nejdříve soustředit na skutečný důvod, proč jsem se rozhodl Greeneovu knihu přeložit, a tímto důvodem je fyzikální obsah. Mám dojem, že obsah je hlavním tématem i velmi kritické analýzy, kterou o knize zveřejnil profesor Jiří Chýla z Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR.

Jiří Chýla svůj rozbor nazval "*Einstein by se divil*". Tento název si pan Chýla vypůjčil z knihy samotné, protože kniha na mnoha příkladech vysvětluje, proč teorie superstrun, o níž dílo mluví především, přináší pojmy a představy natolik revoluční, že by i Einsteina zamrazily v zádech. Aby Einstein teorii superstrun docenil, musel by nejprve správně pochopit a přijmout principy kvantové mechaniky a další složité koncepční skoky, k nimž později došlo, ale diskuse o Einsteinových názorech by nás zanesla příliš daleko. Soustředme se raději na diskusi o odborných otázkách a o tom, jak má a nemá popularizace fyziky vypadat.

Odborné kvality knihy

Přiznávám, že zatímco některé populární knihy o fyzice se mně velmi líbily, jiné k mému srdci tolik nepřirostly. Některé knihy o vesmíru nedělají nic jiného, než že ohromují čtenáře velikostí kosmu, extrémními podmínkami, které panují v nitru hvězd nebo které ovládaly okamžiky nedlouho po velkém třesku. Svůj úspěch staví čistě na jevové stránce vesmíru. *Elegantní vesmír* do této kategorie nespadá, ačkoliv se samozřejmě občas i o těchto skutečnostech zmíní. Jiné

knihy zase vyprávějí hlavně o tom, jaký je vztah mezi fyzikou na jedné straně a Bohem, náboženstvím a filosofií na straně druhé. *Elegantní vesmír* se neřadí ani do této kategorie, protože *Elegantní vesmír* je sice literárně sofistikovaná, srozumitelná a vzrušující kniha, ale svou povahou je to učebnice fyziky. Většina Greeneovy knihy se navíc soustřeďuje na poznatky a koncepty, které byly většinou expertů v teoretické částicové fyzice přijaty. Spekulace se musejí spokojit jen s malou částí prostoru, a tím se Greene liší od autorů jako Smolin, Penrose a nakonec i Hawking a mnoho dalších, kteří často nabízejí laickému čtenáři hlavně ty své spekulace, které mezi odbornými sférami obhájil nemohou.

Greeneova kniha je členěna na kapitoly, které by téměř mohly sloužit i jako sylabus nějakého rozsáhlého kursu fyzikálních přednášek. Postupně probírá základy částicové fyziky, speciální teorii relativity, obecnou teorii relativity, kvantovou mechaniku, kvantovou teorii pole, supersymetrii, skryté dimenze, experimentální testy spolu s kritikou na adresu teorie strun, kvantovou geometrii a T-dualitu, červí díry a změny topologie prostoru, druhou superstrunovou revoluci, zahrnující dualitu a M-teorii, černé díry z moderního kvantového pohledu, kosmologii a vyhlídky do budoucnosti.

Greene se soustřeďuje na své příspěvky k teorii o něco více, než by připadalo vyvážené průměrnému teoretikovi, ale práce, které se účastnil - zvláště zrcadlitá symetrie a změna topologie prostoru - je podle mého názoru velmi zajímavá i pro laiky. Mimochodem i já jsem se fakticky několik věcí naučil i z této populárněvědecké knížky, zvláště pokud jde o konifoldy. Chtěl bych závěrem zdůraznit, že ačkoliv najdeme fyziky, které se těší (ještě) většímu renomé mezi kolegy než Greene, Greene je člověk, který rozumí teoretické velmi dobře a jehož práce byla vždycky velmi technicky náročná a vyžadovala složitou matematiku; Greene je navíc svou povahou tak trochu perfekcionista. Mohli bychom mluvit o sociologii teoretiků strun dlouho, ale raději se budu více držet Chýlova rozboru. Předem čtenáře upozorňuji, že s převážnou částí Chýlových komentářů nesouhlasím, a to většinou zásadně.

Chýlovy námitky

Ve svém prologu pan Chýla vyjadřuje svou nelibost nad velkým úspěchem *Elegantního vesmíru*, jakož i nad tím, že je teorie vnímána jako vyvrcholení dosavadní historie teoretické fyziky, a zatím bez argumentů obviňuje autora (i překladatele a snad i čtenáře) z nepoctivosti, nevědeckosti, zcestnosti, nebezpečnosti, kontraproduktivnosti, lhaní, sektářství a mnoha dalších věcí. Jelikož je poměrně obtížné reagovat na emocionální vyjádření racionálně, zastávím se jen u těch Chýlových vět, které mají také nějaký alespoň zdánlivě racionální obsah. Budu se snažit námitky pana profesora komentovat stručně, ale občas si odpověď vyžádá více prostoru.

Pan Chýla si bere na pomoc autoritu Einsteina, Maxwella, Wiena, Rayleigha, Lorentze, "řady dalších fyziků", ale hlavně Plancka, kteří by nepochybně v šiku stáli na Chýlově straně. Pan profesor Chýla má o Planckově názoru na knihu *Elegantní vesmír* jasno. Pravděpodobně Planckovi telefonoval. Čtenáři snad neujde Chýlova podobnost s kostnickým koncilem, který brilantně Husovi vysvětluje, co si o Husově počínání nebo o odpustkách myslí Ježíš Kristus nebo třeba svatý Pavel. Ale Chýlova formulace mě zarazí i z jiného důvodu. Každý pozorný čtenář pochopil, že *Elegantní vesmír* je primárně knihou o fyzice jako takové. O tom, jak funguje náš

svět. Není to historická příručka. Jejím smyslem není detailně popsat historické klíčky nějaké jedné události ve fyzice, nýbrž obraz světa, který dávali fyzici dohromady v desetitisících prací. Kvůli velkému rozsahu materiálu musejí jít malichernosti stranou. A podle mého názoru je fyzikální obraz světa, tedy pravda samotná, důležitější než nějaké podrobnosti historie fyziky. Proč to říkám? Protože pro skutečné otázky o fyzikální pravdě je dnes názor Einsteina, Plancka i všech zmíněných pánů v podstatě irelevantní. I kdybychom si představili, že Planck má stejný názor kupříkladu na fotoelektrický jev, jako má Chýla, samo o sobě to neznamená nic proto, že nás od Planckovy doby dělí už sto let a fyzika jaksí pokročila. Dnešní fyzik hodný toho jména rozumí například kvantové mechanice nesrovnatelně lépe než Einstein, a proto chápe nepodstatnost Chýlových argumentů. Ve fyzice nelze použít autorit z minulých věků jako univerzálního argumentu, a pokud to měl pan Chýla v úmyslu, minul se povoláním.

Experiment versus teorie

Ačkoliv by se zdálo, že hlavním pohledem, který chce pan Chýla ve své recenzi prosazovat, je zbožná důvěra ve fyzikální autority minulosti a představa, že sto let staré názory lze aplikovat pro řešení otázek v dnešní částicové fyzice, nejdůležitější tezí a zároveň motivací Chýlova textu je ve skutečnosti něco jiného, byť stejně nepravdivého. Konkrétně je to názor, že "klíčové okamžiky vývoje fyziky 20. století jsou spojeny s neočekávanými experimentálními pozorováními", a cokoliv, co s tímto dogmatem nesouhlasí, musí být špatné.

Kdyby pan Chýla četl pozorně a nezaujatě Greeneovu knihu nebo třeba staré Einsteinovy eseje a kdyby si zároveň srovnal, co o fyzice ví, nemohlo by mu uniknout, že jeho tvrzení není pravdivé. V podstatě se dá říct, že ke zlomovým okamžikům vědy popsaným ve většině kapitol *Elegantního vesmíru* došlo na základě teoretických úvah, zásluhou snahy vyřešit napětí mezi různými teoretickými schémata a odstranit jejich neslučitelnost. Jeden z nejuznávanějších částicových fenomenologů dnešní zeměkoule Prof. Nima Arkani-Hamed se mnou stejně jako ostatní kolegové naprosto souhlasil, byť není teoretik, a zdůrazňoval, že je teorie relativity, a to jak speciální, tak obecná, královským příkladem toho, jak moc se pan Chýla mýlí.

Speciální teorie relativity

Experimenty hrají ve fyzice jako celku samozřejmě nezastupitelnou úlohu, ale není pravda, že hrají klíčovou úlohu v každém konkrétním poznatku. Povaha světla jako elektromagnetického vlnění byla pochopena dříve, než lidé mohli přímo změřit, že viditelné světlo působí na hmotu elektromagneticky. Ideje speciální teorie relativity si Einstein srovnal v hlavě zejména zásluhou teoretického přemítání o rozporu mezi Newtonovou mechanikou a Maxwellovou-Faradayovou elektromagnetickou teorií (mimořádně všimněte si, že pan Chýla, který jiné kritizuje za to, že se nezmiňují o všech experimentátorech, v celé své rozsáhlé analýze neuvedl ani jednou jméno Michaela Faradaye, jako kdyby byl pro elektromagnetickou teorii nepodstatný).

Zatímco Lorentz se snažil svými kostrbatými ad hoc teoriemi vysvětlit výsledky Michelsonova-Morleyova experimentu, Einstein mnohokrát vysvětloval, jak malou úlohu pro něho tento experiment hrál. Přemýšlel zejména o myšlence, kterou si uvědomil už v 16 letech (tedy někdy v roce 1895) a která je brilantně a v souladu s Einsteinovým uvažováním popsána v Greeneově knize. Jde o to, že podle Newtonovy mechaniky lze světlo dohonit, protože se lze pohybovat

jakoukoliv rychlostí, zatímco podle Maxwellových rovnic se světlo ve vakuu pohybuje vždycky stejnou rychlostí. A pokud věříme tomu, že fyzikální zákony, a to včetně zákonů elektromagnetismu, musejí vypadat ve všech inerciálních soustavách stejně, docházíme k tomu, že podle Maxwellových rovnic světlo dohonit nelze, což je v příkrém rozporu se závěrem Newtonovy mechaniky.

Předpokladu o nezávislosti fyzikálních zákonů na zvolené inerciální soustavě dnes říkáme "princip relativity". Jeho galileovská odrůda existovala už v Newtonově mechanice a Einstein správně vytyčil, že neexistuje žádný důvod si myslet, že pro elektromagnetické jevy neplatí; měl tedy to "štěstí", že si jako jeden z mála uvědomil, co je s hypotézou "éteru" špatně. Einstein zmíněným paradoxem strávil celé roky, nenechal se příliš rozptylovat nějakými drobnostmi z právě probíhajících experimentů, a možná právě proto to byl on, a ne Lorentz, kdo v roce 1905 mohl poprvé publikovat nový pohled na čas a prostor, který mimochodem vysvětlil i Michelsonův-Morleyův experiment. Speciální teorie relativity přinesla mnoho podivuhodných důsledků jako relativitu současnosti, kontrakci délky a dilataci času a Greene nabízí velmi srozumitelná vysvětlení, která milionům čtenářů umožnila poprvé proniknout do fungování speciální teorie relativity, a to i kvantitativně. Je mně líto, že pan Chýla mezi ty miliony nepatří.

Chýlovo povídání o speciální teorii relativity je irelevantní z několika důvodů. V první řadě mluví o jakýchsi Lorentzových neúspěších při hledání správné teorie. *Elegantní vesmír* se ale nezabývá Lorentzovými *neúspěšnými* pokusy - na to by byla třeba detailní knížka o historii fyziky, v níž by se asi k druhé superstrunové revoluci hned tak autor nedostal - nýbrž Einsteinovými *úspěšnými* pokusy, takže není jasné, proč pan Chýla považuje jeho historické dodatky za podstatné pro jeho kritiku Greeneovy knihy. Když už ale toto téma otevřel, pár slov musím napsat také. Lorentz samozřejmě hlavní myšlenku speciální teorie relativity neobjevil. Kdyby tomu tak bylo, tak říkáme teorii relativity Lorentzova teorie, nikoliv Einsteinova. Greene pochopitelně tomuto faktu nijak neprotiřečí. Lorentz ale už před Einsteinem odvodil tzv. Lorentzův faktor kontrakce a našel substituci, vůči níž se jeho verze Maxwellových rovnic chovají speciálním způsobem, ovšem nebyl schopen si připustit, že jeho nová proměnná t' je více než pomocným matematickým trikem, ale spíše stejně dobrou souřadnicí jako t samotné, tedy neodhalil, že různí pozorovatelé by měli užívat odlišné časové souřadnice, a proto také nemohl své rovnice převést do tvaru, který zachází s oběma pozorovateli ekvivalentně. Nebyl schopen překonat předsudek o absolutním čase. Einstein napsal, že "použil transformace, které už dříve našel Lorentz, aniž by si všiml jejich grupových vlastností".

Chýlův popis vztahu Lorentze a éteru není úplně nespravedlivý. Einstein vždycky zdůrazňoval, že jeden z klíčových poznatků, který mu umožnil objevit speciální teorii relativity, bylo právě Lorentzovo zjištění, že v každém bodě prostoru existuje pouze jeden vektor elektrické intenzity a jeden vektor magnetické indukce, zatímco zbylé dva vektory lze odvodit jako důsledek jevů uvnitř materiálu. Konkrétně pro vakuum to znamená, že v každém bodě jsou jen dva vektory, zatímco všechny pokusy o popis éteru jako látkového prostředí vedly k většímu množství proměnných. Ještě za Maxwellova života (umřel v roce 1879) si lidé začali uvědomovat, že éter je jen taková názorná berlička, kterou v Maxwellových rovnicích ani nepotřebujeme (byť se jí Maxwell sám vždycky raději držel) a v momentu, kdy Lorentz publikoval svou elektromagnetickou teorii, byla idea éteru už značně oslabena. Einsteinova speciální teorie relativity byla bleskově fyziky přijata, a pokud někdo byl opatrný a znepokojený touto rychlostí, byl to právě Lorentz. Lorentz sice Einsteinův článek nepochybně chápal, ale mohl mít jiné, více

osobní důvody, proč nesdílel jistotu ostatních hned od začátku.

Předchozí odstavec se týká klíčků historie, o kterých v *Elegantním vesmíru* není a snad ani nemůže být psáno. Co tedy Chýla Greeneovi vytýká? Určitě ne žádnou historii. Vytýká Greeneovi tři citáty. Tvzení v nich obsažená podle mého názoru patří mezi základní znalosti fyzika a pan Chýla nikde explicitně nenapsal, co se mu na nich nelíbí.

První tvrzení, které se týká čistě fyziky a vůbec ne historie, říká, že podle Newtonovy mechaniky lze dohonit kohokoliv a cokoliv, tedy i světlo. To snad každý ví, protože podle Newtonových rovnic se rychlosti jednoduše sčítají. První tvrzení dále říká, že podle Maxwellových rovnic naopak světlo nemůže být nehybné. Kdo ví, co jsou to opravdové Maxwellovy rovnice, tak z nich umí odvodit, že se elektromagnetické vzruchy řídí v podstatě vlnovou rovnicí a dokáže i spočítat rychlost těchto vln. A výsledek není nula. Co tedy chtěl pan Chýla říct? Nevím. Pravděpodobně užívá nějaké speciální, Maxwellovy-Chýlovy rovnice, v nichž nulovou rychlost světla odvodit lze. Tutěž zmínku o tom, že podle Maxwellových rovnic nelze světlo zastavit, vytýká Greeneovi ještě jednou a opět bez jakéhokoliv argumentu. Ve třetím citátu Greene říká, že experimenty Michelsonova typu ukázaly, že se rychlost světla nemění v závislosti na rychlosti pozorovatele, a že tyto pokusy začaly Michelsonovým experimentem v roce 1881. Ani toto tvrzení se panu Chýlovi nelíbí, ale ani v tomto případě neříká proč, takže je těžké cokoliv více říct. Pravděpodobně pan Chýla chce, aby většinu knihy tvořilo vyprávění o všemožných chybných představách, které kdy fyzici měli, a aby kniha detailně studovala nesprávné teorie éteru. Já si to nemyslím. Greeneův výklad relativity je dokonalý a žádná chyba v něm není.

Obecná relativita

Dalších příkladů, kdy rozvoj fyziky probíhal téměř podle vzoru několika antických filosofů, kteří poněkud naivně věřili, že podstatné věci o světě kolem nás lze odhalit "pouhým myšlením", je celá řada. Obecná relativita je příkladem teorie, která je dnes sice experimentálně ověřena ke spokojenosti většiny fyziků, ale při jejímž vzniku nesehrál experiment úlohu téměř žádnou. Einstein jednoduše odvodil speciální teorii relativity, která neumožňovala okamžité působení na dálku, a tudíž nebyla slučitelná s Newtonovou teorií gravitace, která okamžité působení na dálku předpokládá. Po deseti letech sebetýrání Einstein paradox vyřešil tak, že rozšířil princip relativity a popsal gravitaci jako zakřivení geometrie prostoru, které v lokálním experimentu nelze rozlišit od účinku setrvačných a odstředivých sil spojených se zrychleným pohybem. Obecné relativitě věnuje Greene kapitolu třetí.

Co panu Chýlovi vadí na Greeneově výkladu obecné relativity? Pan Chýla tvrdí, že dokonce i Einsteinova obecná teorie relativity z roku řekněme 1916 je přímým důsledkem překvapivého experimentu. Kterého experimentu? Zadržte smích, tím experimentem je totiž Galileův experiment s házením předmětů dolů ze šikmé věže v Pise. Galileo samozřejmě udělal pro moderní vědu hodně a jako první také s tehdejší omezenou přesností ověřil, že všechna tělesa zrychlují v gravitačním poli stejně. To si konec konců můžete ověřit sami, zvláště pokud bydlíte ve vyšším patře, a také si to tisíce dalších před Einsteinem ověřili. Ale říct, že byl Galileův *pokus* podnětem ke vzniku obecné teorie relativity, to si snad zaslouží opravdu jen úsmev. Podnětem byl tehdy už známý fakt, že všechna tělesa zrychlují v gravitačním poli stejně. Ekvivalentně

řečeno, gravitační pole má účinky nerozlišitelné od zrychleného pohybu. A když už pan Chýla mluví o experimentech, měl spíše zmínit experimenty maďarského fyzika Eötvöse, které tvrzení zkontrolovaly s přesností nesrovnatelně větší. Pan Chýla se tváří, že obhájí experimenty, ale v několikastránkové analýze experimentů stojících v pozadí principu ekvivalence vůbec nezmní ten nejrespektovanější, nejpresnější a nejprůkaznější.

Tato páně Chýlova výtka tedy byla poněkud úsmevná, má pan Chýla ještě něco dalšího? Ano! Pan Chýla navrhuje, že v knize měly být definovány odlišné pojmy setrvačné a gravitační hmotnosti, jak to nakonec činí i kniha od Einsteina a Infelda. Ale takový postup v populární knize by byl chybou. Důvod je v tom, že čtenář musí přesně znát rovnice, o které jde, aby ocenil smysl dvou různých druhů hmotnosti. Běžný čtenář zná jen jednu hmotnost, kterou může změřit pomocí váhy. Nejdříve by tedy kniha musela čtenáři vysvětlit, proč je důležité mít hmotnosti dvě, aby mu vzápětí vysvětlila, že stačí jedna, přesně tak, jak si na začátku myslel. Takový postup by zcela zamlžil důležitost celého poznatku. Takové vysvětlování by bylo pro čtenáře málo srozumitelné a Einsteinova-Infeldova kniha také v tomto ohledu málo průhledná je. Vůbec abstraktní pojmy různých typů hmotností nejsou podle normálního člověka přímo pozorovatelné. Pozorovatelný je pohyb, jeho dráha, zrychlení, tlak sedadla. Princip ekvivalence je v Greeneově knize vysvětlen, a to za pomoci hmatatelných pojmů času, prostoru a pohybu a bez užití pojmů, které je třeba měřit nepřímou, a opačný postup je podle mého názoru hrubou chybou a jedním z důvodů, proč Einsteinova-Infeldova kniha nejen že není nedostižitelná, ale je už dost dlouho překonaná, a to nejen z hlediska objektivního pohledu na prodejnost. Greene vysvětluje, proč je účinek gravitačního pole nerozlišitelný od účinku zrychlení, a tento fakt v sobě obsahuje všechny věci, o nichž Chýla tvrdí, že v knize chybí. Vyprávění o bombě je podle většiny čtenářů - včetně mě - neobyčejně zábavné, rafinované a poučné. A pan Chýla také nemluví pravdu, když říká, že by pocity ze síly, která nespĺňuje princip ekvivalence, byly stejné jako u gravitace. Kdyby se jednou zkusil projít v silném magnetickém poli, musel by mně a Greeneovi dát za pravdu, že by měl pocity odlišné.

Další příklady důležitosti teoretických úvah

Stejně tak jako u teorie relativity hrál experiment malou úlohu i v době, kdy lidé vymýšleli základní rámec kvantové teorie pole, které se na elementární úrovni věnuje kapitola pátá. Lidé jednoduše museli přijít na to, že částice lze popisovat jako excitace kvantového harmonického oscilátoru a že je třeba aplikovat teoretickou operaci kvantování i na elektromagnetické pole. Kdyby s těmito myšlenkami nikdo nepřišel, žádný experiment by nikomu nepomohl a kvantovou elektrodynamiku by lidé nikdy nepochopili. V případě kvantové elektrodynamiky by se fyzika neobešla ani bez experimentu, ale to není ve fyzice univerzálním pravidlem. Malou motivaci v konkrétních nových a překvapivých experimentech má i teorie strun jako taková, s níž se čtenář poprvé více seznámí v 6. kapitole *Elegantního vesmíru* (při jejím vzniku tehdy šlo o dnes nepřilíš důležité pravidelnosti v hmotnostích jaderných rezonancí, teorie strun byla objevena náhodou a v jiném kontextu, než kde ji užíváme dnes), supersymetrie z kapitoly sedmé, koncept dodatečných skrytých dimenzí prostoru z kapitoly osmé, kvantová geometrie z kapitoly desáté, změna topologie z kapitoly jedenácté, duality a M-teorie z kapitoly dvanácté, termodynamické vlastnosti černých děr z kapitoly třinácté a samozřejmě i výhledy do budoucnosti z kapitoly patnácté. Ve všech těchto případech byla role experimentu minimální.

Experiment hrál naopak klíčovou úlohu v klasifikaci elementárních částic v kapitole první, pro rozvoj kvantové a atomové fyziky načrtnuté v kapitole čtvrté a v kosmologii, které se věnuje kapitola čtrnáctá; experimentům, zvláště budoucím, se věnuje kapitola devátá. Čtenář jistě vidí, že není pravda, že je pokrok ve fyzice vždycky podmíněn nějakým novým, konkrétním a překvapivým experimentem. Teoretické úvahy nesporně hrají úlohu neméně důležitou. Pan Chýla také chce vzbuzovat dojem, že je to vždycky experimentátor, kdo má pravdu. To je samozřejmě také nerealistická představa. Když třeba nositelé Nobelových cen a teoretici Feynman a Gell-Mann vytvořili svou vektorovou-axiálněvektorovou teorii slabých interakcí, velká skupina velmi renomovaných experimentátorů na základě svého experimentu tvrdila, že mají slabé interakce naopak skalárně-tenzorový charakter. Feynman a Gell-Mann samozřejmě věděli, že tato zdánlivá převaha experimentátorů nic neznamená, protože měli hluboké teoretické důvody ke svému přesvědčení, které se nakonec ukázalo pravdivé. Důvody, za nimiž se nepřímou skrývaly stovky dalších experimentálních pozorování, jejichž souvislost s danou otázkou o slabých interakcích uměli pochopit jen oni, protože jim to dostatečně zapalovalo. Chyba experimentátorů se nakonec zredukovala na to, že celý svůj závěr postavili na dvou měřeních zakreslených na konci grafu, která nejsou moc věrohodná. Dokonale provedený a interpretovaný experiment je samozřejmě argumentem definitivním, ale reálné experimenty - natož experimentátoři - tento punc nedotknutelnosti nemají.

Astrofyzik Turner rád říká, že je fyzika životně závislá na rovnováze mezi chladnými a nemilosrdnými výsledky experimentů na jedné straně a mezi vzrušujícími a šokujícími spekulacemi na straně druhé. Pokud se tato rovnováha poruší, fyzika zdegeneruje na filosofii, nebo naopak na botaniku. Nemám nic proti botanice, ale pana Chýlu bychom asi neměli podporovat v tom, aby tímto směrem vedl celou českou částicovou fyziku.

Objev kvanta energie

Zatím největší dávku kritiky směřuje pan Chýla proti Greeneově líčení objevu kvantové teorie a Planckova zákona záření černého tělesa. Snažil jsem se dlouho porozumět tomu, co se panu Chýlovi na této neméně zdařilé kapitole nelíbí ve skutečnosti. Nejdříve jsem si myslel, že jen od Greenea očekával, že bude popisovat "půlhodinové zkratky" a "intelektuální štouchnutí", která musel Planck tu a tam dostat, aby nakonec k objevu dospěl, místo toho, aby popisoval situaci, jak ji viděli fyzici v momentu, kdy se ustálil prach. Ale zdá se, že to není hlavní důvod Chýlovy kritiky; tím je, zdá se, Chýlovo nepřilíš hluboké porozumění klasické termodynamice a kvantové teorii. Pokusím se to vysvětlit.

Chýla se nejvíce bouří proti citátům z Greeneovy knihy, že podle klasické termodynamiky je energie elektromagnetického pole při zvolené teplotě nekonečná. Už v privátní korespondenci mně psal, že je ultrafialová katastrofa jen výmysl, a bohužel z mého vysvětlení nepochopil, proč se mýlí. Víím o tom, že tento naprosto základní důsledek klasické fyziky z knihy pochopila i řada laiků. Bohužel ani mezi ty se pan Chýla neřadí. Zjednodušeně řečeno, každý stupeň volnosti podle výpočtů klasické fyziky přidává k celkové energii soustavy hodnotu $kT/2$. A jelikož obsahuje elektromagnetické pole nekonečné množství stupňů volnosti, protože je definováno v nekonečně mnoha libovolně blízkých bodech nebo ekvivalentně má nekonečně mnoho Fourierových módů s libovolně velkou frekvencí, výsledná energie je nekonečná. Reálná energie elektromagnetického pole je samozřejmě konečná, a tak se tomuto paradoxu říká *ultrafialová*

katastrofa. Katastrofa proto, že vede ke katastrofálnímu nekonečnému výsledku, ultrafialová proto, že je nekonečný příspěvek spojen s velmi krátkými vlnami o velmi vysoké frekvenci. Kvantová teorie paradox řeší tak, že u vln s příliš vysokou frekvencí je třeba uvažovat jejich korpuskulární strukturu (jsou složeny z fotonů) a příspěvek fotonů je pro velmi vysoké frekvence exponenciálně menší, než předpokládala klasická fyzika.

Žádná "jiná" klasická fyzika elektromagnetismu, která netrpí ultrafialovou katastrofou, neexistuje a nikdy neexistovala, a tudíž o Greeneových tvrzeních nemohou být žádné pochyby. Pan Chýla by se neměl hádat s Greenem ani se mnou, ale spíše se svým učitelem termodynamiky a statistické fyziky, který mu v případě podobných formulací měl připravit těžké chvílky u zkoušky. Klasická statistická fyzika je dobře definovaný formalismus, který umožňuje jednoznačně počítat termodynamické vlastnosti libovolného klasického fyzikálního systému, včetně pole, a v případě elektromagnetického pole vede - v rozporu se vším, co pan Chýla napsal - k nekonečnému výsledku. To, že pan Chýla nechápe, že principy statistické fyziky nebo kvantové fyziky lze aplikovat bez zásadních změn i na koncept pole, uvidíme i níže.

Pan Chýla píše o řadě pravdivých příhod z historie, ačkoliv nezdůrazňuje ty klíčové, například o tom, že Planck samozřejmě nakonec chápal, jaký je jediný správný výpočet v rámci klasické fyziky, ale jeho kvantovou modifikaci (a ideu kvant vůbec) považoval za pouhý matematický trik, který bude v budoucnosti nahrazen něčím spolehlivějším. Ano, byl to tak trochu revolucionář proti své vůli, ale nemyslím, že je to tak důležité pro vysvětlení fyziky takové, jaká skutečně ve světě platí. Nerozumím ospravedlnění Chýlovy neznalosti poukazem na fakt, že fyzici v 19. století také neměli správnou představu o podstatě a charakteru záření černého tělesa a že diskutovali o řadě nekonceptních a inkonzistentních způsobů, jak záhadu vysvětlit, přičemž rádi psávali různé přibližné vzorce pro aproximování dat v grafech funkcí, jejichž podstatě vůbec nerozuměli a neuměli je ospravedlnit žádnou fyzikální teorií. Dnes máme 21. století. Zatímco Brian Greene udělal velký krok k tomu, aby milionům alespoň zhruba vysvětlil, jak skutečně výsledky experimentů spočítat ze správné fyzikální teorie, pan Chýla dodnes tvrdí, že - cituji - "označit tuto analogii [kmitů elektromagnetického pole] s kmity mechanické pružiny za pevně ustanovené výpočty může jen naprosto nekritický člověk". Z této věty, myslím, jasně vyplývá, že pan Chýla neví, jak na zvolenou soustavu v klasické fyzice aplikovat zákony statistické fyziky. Pro pana Chýlu je tento jeho názor pravděpodobně důvodem si myslet, že o popularizaci fyziky a fyzice samotné ví více než Greene. Když slyším takový názor já, vybavují se mně myšlenky zcela odlišné.

Mimochodem v poznámkách na konci knihy Greene vysvětluje, jaký důvod vedl Plancka k objevu zákona ve skutečnosti - problém rozdělení energie do různých intervalů vlnové délky - a zájemce o historii odkazuje na patřičnou literaturu. A já souhlasím s tím, že by líčení zádrhelů historie čtenáře mátló a do hlavního textu populární knihy o fyzice prostě nepatří. Greeneovo vyprávění o řešení ultrafialové katastrofy je logické, vystihuje podstatné body a fyzika samotná na takových jaderných vysvětleních stojí velmi často.

Kvarky a supersymetrie

Pan Chýla nevěnuje objevu kvarků šest řádek, jako v Greeneově knize, která je přece jen

primárně o něčem jiném, ale celou jednu hustou stránku. Člověk by očekával, že takový jednostránkový výklad (který Greene zařadit nemohl, protože by podobné sáhodlouhé komentáře udělaly z knihy něco úplně jiného, než měla být) může být už dosti obsažný, ale očekával by to neprávem. Chýla si vzal za cíl pasáž Greeneovy knihy, v níž prokazatelně nenašel sebemenší nedostatek, přesto se však tváří, jako že je ta pasáž celá špatne. Formulaci, že Gell-Mann pojmenoval kvarky podle Joyceovy knihy a předpověděl existenci kvarků již před pokusy ve Stanfordu, které odhalily škálování, pan Chýla kritizuje se slovy, že Gell-Mann nepředpověděl škálování. Nejsem si jist, jestli pan Chýla umí bez potíží číst, nebo v čem přesně je jeho problém. Pan Chýla by také pravděpodobně knihu chtěl změnit na knihu o kvarcích, ale to by nebyl *Elegantní vesmír*. Detailně popsal vznik pojmu "kvark" a objev asymptotické volnosti David Gross (*Pětadvacet let asymptotické svobody*, mám to od něho s věnováním), ale potřeboval k tomu desítky stránek. Na Chýlovu jednu stránku se vůbec nedostala jména jako Bjorken, Gross, Politzer, Wilczek, z čehož je poměrně jasné, že Chýlův jednostránkový výklad by zachoval ve čtenáři ještě více zkreslený dojem než šest řádek Greenea.

V další části svého povídání pan Chýla navrhuje, že v knize měly být rozebrány mezony, hadrony a důvod uvěznění kvarků. To by pak ale nebyla knížka o superstrunách, skrytých rozměrech a hledání finální teorie.

V kapitole o supersymetrii pan Chýla Greeneovi vytýká, že v seznamu autorů, kteří se podíleli na objevu supersymetrie, zařadil Chýlovy oblíbené sovětské autory nikoliv na přední místa, ale doprostřed. Pan Chýla si jaksi neuvědomuje, že sovětská fyzika nebyla pro Američany - na rozdíl od Čechů - hlavním zdrojem nových objevů, a podle toho zákonitě vypadá důležitost, kterou ruským autorům v USA přisuzují. Volkova a Akulova pan Chýla vyvyšuje zejména za jejich naprosto neudržitelný nápad, že by neutrino mohlo mít přesně nulovou hmotnost proto, že jako Goldstoneův fermion souvisí s narušenou supersymetrií. Říkám, že je to nápad neudržitelný, a to proto, že supersymetrie - a tedy i goldstino - musí být vždycky invariantní vůči kalibrační grupě, zatímco neutrino je složkou $SU(2)$ dubletu (a také existuje několik typů neutrin). Podle mého názoru se dočkali za tento návrh pánové z Ruska větší pozornosti, než jakou by si zasloužili, a podobnost se supersymetrií, jak ji chápeme dnes, je z velké části náhodná. Navíc už dnes nevěříme, že jsou neutrina přesně nehmotná.

Rovnice kvantové mechaniky

Chýlův pro mě nepřilíš záživný popis Rutherfordova experimentu nechám na pokoji, protože se hlavního tématu Chýlovy analýzy netýká. Hned o kus dále mluví pan Chýla o základech kvantové mechaniky. První odstavec jsem četl několikrát a snažil se odhalit, zda si pan Chýla jen dělá legraci, nebo jestli ten odstavec má nějaký smysl. V závěru třeba říká, že "nebezpečnost Greeneova tvrzení je tedy v tom, že může vést nezasvěceného čtenáře (a jemu je přece určena kniha především) k hluboce mylnému dojmu, že tvary vlnových funkcí jsou v kvantové mechanice určeny nějakou rovnicí, což prostě není pravda". Jelikož i na začátku odstavce pan Chýla říká, že není pravda, že Schrödinger stanovil rovnici řídící tvar a vývoj vln pravděpodobnosti, neboť žádná rovnice (v jednotném čísle) neexistuje, na moment jsem usoudil, že je pan Chýla opravdu přesvědčen, že žádná Schrödingerova rovnice neexistuje a že napsat Schrödingerovu rovnici na tabuli je v Praze už opět nebezpečné a trestné. Pan Chýla pak zcela

zbytečně spekuluje, zda jsou Schrödingerovy rovnice dvě, jedna, nebo snad žádná. K tomu bych řekl asi toto: Bezčasová Schrödingerova rovnice není "jiná" rovnice, ale pouze speciální tvar téže rovnice, v němž předpokládáme speciální, totiž periodickou závislost funkce na čase; a proto užíváme stejné pojmenování. Diskuse o tom, jestli jsou "dvě" rovnice, z nichž je jedna okamžitým důsledkem druhé, jednou rovnicí, nebo dvěma rovnicemi, přenechám panu Chýlovi, který na to má více času, spolu s otázkami, kolik se vejde andělů na špíčku jehly. Ale co je nesporné, je fakt, že (časová) Schrödingerova rovnice určuje tvar vlnové funkce v libovolném budoucím i minulém okamžiku, a tedy i její vývoj, v rozporu se všemi tvrzeními pana Chýly, ze znalosti vlnové funkce v čase $t=0$. Ano, Schrödingerova rovnice samozřejmě neimplikuje počáteční podmínky, ale to také nikdo netvrdí. Bezčasová Schrödingerova rovnice se zvolenou energií určuje často vlnovou funkci a její tvar zcela jednoznačně. Pan Chýla pravděpodobně usoudil, že "vývoj a tvar" znamená "časová a bezčasová", ale nic takového Greene nemínil.

Jazyk může být občas mnohoznačný, ale rozumnost a srozumitelnost textu přesto posoudit lze, pokud si ho zkusíme přečíst. Zatímco u Greeneovy knihy jsem se ani jednou nemusel zastavit a zeptat se sám sebe, zda to autor míní vážně - a to jsem v životě s Greenem před pracemi na knize nijak neinteragoval - u Chýlova povídání jsem donucen to učinit v podstatě v každé větě.

Pan Chýla dále tvrdí, že všechno je v knize obráceně, než by mělo být, a navrhuje nahradit poměrně hezké trojrozměrné obrázky vlnové funkce obrázky dvourozměrnými a učit čtenáře Fourierovu transformaci a vlnovou funkci v hybnostní reprezentaci. To je jistě zajímavý názor na popularizaci fyziky, ale takových nám pan Chýla nabízí celou řadu. Sám by prý v knize vysvětloval - přeložím-li Chýlovy krkolomné formulace do češtiny - že se střed vlnového balíku pohybuje podle kvantové mechaniky stejně jako klasická částice. Ale to je přesně jedna z věcí, kterou čtenář slyšet nechce a nemusí. Čtenář ví, že se částice nějak pohybuje. A když se vykládá kvantová mechanika, tak se přece nelze soustředit na to, v čem se od klasické mechaniky neliší, ale naopak se musíme koncentrovat na to, v čem se liší. Ke správné interpretaci pohybu středu vlnového balíku by bylo navíc třeba rozebírat, co střed balíku znamená fyzikálně. V jednotlivém pokusu je střed balíku neměřitelný a má význam jen při zprůměrování velkého množství experimentů. Střední hodnoty mají pro pochopení kvantové mechaniky mnohem menší význam než princip neurčitosti a tunelový jev, na které se Greene právem soustřeďuje. S panem Chýlou tedy nelze souhlasit prakticky v ničem. Ale když si myslí, že jeho nápad, jak knihu napsat, je nejméně tak dobrý jako Greeneův, ať tu knihu zkusí napsat sám.

Nemohu souhlasit snad ani s jedinou další větou v této Chýlově kapitole. Chýla třeba tvrdí, že věta, že "energie může fluktuovat" implikuje, že má energie v daném okamžiku přesnou hodnotu. To je jistě svérázná interpretace: pokud něco takového ta věta implikuje, tak spíše pravý opak. Výrok, že veličina fluktuuje, znamená, že když provedeme měření v jednom okamžiku a v okamžiku dalším, dostaneme výsledky, jejichž rozdíl není nula, ale závisí jistým chaotickým způsobem na časovém intervalu, který oba okamžiky dělí. Podle kvantové mechaniky je hodnota veličin neurčitá a dostaneme tedy různé či náhodné výsledky, to nám ale nemůže zabránit mluvit o rozdílu energií a střední hodnotě jeho kvadrátu. A jelikož tato střední hodnota není nulová, tak říkáme, že dochází k fluktuacím. Mám dojem, že podle pana Chýly by představu, že má veličina přesnou hodnotu, implikovala v podstatě jakákoliv věta, která o této veličině mluví, a tudíž bychom podle páně Chýlovy odrůdy kvantové mechaniky vůbec o veličinách nemohli mluvit. Ale nic takového po nás kvantová mechanika nežádá.

Také není pravda, že Greene nemluví o tom, odkud si fyzikální systém energii půjčuje. Půjčuje si ji od zbytku vesmíru, pokud uvažujeme o teorii s gravitací, v níž je třeba rozlišit hustotu energie "hmoty" od energie "gravitační", jak se lze v *Elegantním vesmíru* dočíst. Chýla ve skutečnosti sám tuto pasáž cituje ve své kapitole 3.3. V teorii bez gravitace je celková energie zachována přesně a Heisenbergově relaci neurčitosti pro čas a energii lze dát jen obvyklou interpretaci: energii nelze v omezeném čase měřit přesně.

Pan Chýla pak navozuje dojem, že Greene nepovažuje tunelový jev za důsledek kvantové mechaniky, a z vlastní iniciativy mluví o tom, že podle kvantové mechaniky existuje nenulová pravděpodobnost, že se směr částice procházející elektrostatickým polem nezmění ani o trošku. Pan Chýla tvrdí, že tento jev je podstatou tunelového jevu, což nijak nezdůvodňuje, takže jeho jistě originální myšlenku nelze posoudit. Z druhé strany panu Chýlovi uniká skutečné koncepční vysvětlení jím zmíněného jevu, které je v *Elegantním vesmíru* také vyloženo, byť ne na tomto příkladě, nýbrž na experimentálním vysvětlení relací neurčitosti, konkrétně fakt, že zprostředkovatelé sil se v kvantové mechanice skládají z kvant. Odpuzování elektronu lze reinterpretovat jako vyměňování fotonů mezi oběma nabitými částicemi, přičemž vždycky existuje možnost, že si nevymění ani jeden foton, a tudíž se elektron ani trochu neodchýlí, zatímco v klasické fyzice si vždycky "alespoň trochu vlivu" vymění. Chýla také kritizuje Greenea za to, že používá ve výkladu kvantové mechaniky jakýchkoliv analogií přesto, že kvantová mechanika žádné analogie v běžném světě nemá. To je jistě zábavný postřeh, ale asi to není nejlepší startovní bod pro psaní populárněvědecké knížky. Greene přišel s analogiemi obdivuhodnými - srozumitelnými, a přesto velmi výstižnými - a to se jistě značně podílí na jeho úspěchu. Některé chaotické systémy se svou povahou na první pohled od kvantové mechaniky nakonec ani tak neliší.

Chýla dále vytýká knize, že v ní chybí zmínka o zásadním rozdílu mezi kvantovou mechanikou a kvantovou teorií pole. Zmínka o tomto zásadním rozdílu v knize chybí proto, že žádný *zásadní* rozdíl neexistuje. Kvantová teorie pole je jen zvláštním příkladem kvantověmechanické teorie, kterou lze získat kvantováním poněkud složitějšího klasického systému - konkrétně klasického pole - podle týchž pravidel, která od klasické mechaniky jedné částice vedou k jejímu kvantovému rozšíření. Ale skutečnost, že si pan Chýla neuvědomuje, že pole je jen dalším systémem, na který se plně vztahují zákony fyziky, ať už klasické, nebo kvantové, pro nás není nová, protože už v diskusi o záření černého tělesa pan Chýla vyjádřil svérázný názor, že neexistují žádná pravidla, jak principy statistické fyziky aplikovat na koncept pole a že tedy neexistuje žádná ultrafialová katastrofa. Pan Chýla také pokládá otázku, která mně trochu připomíná otázky několika laiků, kteří napsali mailem: hybnost *čeho* prý v krabici fluktuuje? Asi se bude muset smířit s tím, že hybnost i energie jsou fyzikální veličiny, které jsou přiřazeny fyzikálnímu systému, aniž bychom museli říkat, jestli patří pejskovi nebo kočičce. Ano, i prázdná oblast prostoru má fyzikální veličiny a dokonce i v prázdné oblasti prostoru tyto veličiny fluktuují.

Týž problém zjevně pana Chýlu trápil i v kapitole "sjednocování interakcí", kde tvrdí, že nelze pochopit výklad o narušování symetrií v raném vesmíru, protože se tam mluví o teplotě a on neví, *čeho* teplota je zmiňována. Jaksi mu při tom asi uniká, že pokud má systém určitou dobře definovanou teplotu - což je striktně řečeno jen v případě tepelné rovnováhy - potom ji má celý uvažovaný fyzikální systém, v tomto případě celý vesmír. Nelze tedy ani v tomto případě říct, že jde jen o teplotu pejska. Věřím, že pan Chýla patří spíše mezi výjimky, které s tímto popisem

měly problém. Dokonce i slůvka "rozpuštění" a "krystalizace" byla podle pana Chýly příliš neprůnikatelná a Chýla vyjádřil i pochyby, zda "skupenství" závisí i v částicové fyzice na teplotě.

Také si stěžuje na tři řádky, z nichž čtenář přece nemůže pochopit, co je to charakteristická velikost síly, ale jaksi zapomíná zmínit existenci následujícího odstavce, který tento pojem vysvětluje. Pan Chýla je také, pokud vím, prvním člověkem, který měl problém s významem osy y grafu, který ukazuje závislost síly na vzdálenosti. Copak asi ta osa může znamenat, pane Chýlo? Pan Chýla pak podává svou představu o negravitačních silách, v níž sice řadu věcí okopíroval z Greeneovy knihy (například pojmy "slabý a silný náboj"), ale u dalších se vydal na vlastní cestu a například předstírá, že jeho výklad sil je kvantitativně přesný, ale jaksi v něm zcela opomíjí asymetrickou povahu slabých interakcí, závislost sil na polarizaci a na rychlosti - přičemž u slabých interakcí, kde je neutrino téměř všudypřítomné, je nerelativistická aproximace nepoužitelná - a také to, že nejznámější část slabých interakcí (působená nabitými proudy) mění druh částic, a tudíž vůbec nelze popsat jako prostá síla. Z drobností: také ne úplně správně derivuje Yukawův potenciál, když se tváří, že je síla přesně rovna $\exp(-mr)/r^2$, což není.

Pan Chýla vyjímečně částečně správně poukazuje na to, že při nejvyšších energiích dostupných na dnešních urychlovačích je zdánlivá síla tří interakcí více či méně srovnatelná. Ano, logaritmické rozdíly nejsou až tak markantní. Pokud je v knize věta, která evokuje opačný dojem, asi by v ní mělo být - podobně jako jinde - že se tři síly projevují velmi odlišným způsobem v běžném světě kolem nás a že vazebné konstanty nejsou totožné ani na dnes nejvyšších dosažitelných energiích. Ale i zmíněná kritická Greeneova věta je pravdivá, pokud ji chápeme tak, že mezi přístroji nabízenými dnešní technikou najdeme takové (ba je jich většina), u nichž se tři síly projevují zásadně odlišným způsobem. Podstatné sdělení věty spočívá v tom, že při nízkých energiích síly vypadají odlišně, ale při vysokých se mohou spojit a nejméně v případě dvou sil se opravdu spojují. A tohle sdělení věta vyjadřuje správně a věrně.

Teorie strun a její odpůrci

Pan Chýla se ve svém tažení proti teorii strun odkazuje na další autority kromě těch, o nichž šla řeč na začátku. Gerard 't Hooft sice dostal v roce 1999 Nobelovu cenu za objevy, které učinil v sedmdesátých letech, kdy se od svých kolegů těšil téměř zbožnému respektu, ale pan Chýla zároveň jaksi zapomíná zmínit, že dnes pan 't Hooft mezi hlavní lídry komunity teoretické částicové fyziky nepatří. Čtenář Chýlova rozboru tak může dojít ke klamnému závěru, že je (poměrně neutrální) 't Hooftův názor na teorii strun něco, co hraje pro uvažování fyziků klíčovou roli. Pan Chýla prorokuje, že generace mladých lidí nebudou chtít pracovat na teorii, pokud se jim nedostane nových experimentálních dat. Uvidíme. Pokud se i teoretický rozvoj v oboru přibrzdí, jako se stalo s mnoha směry výzkumu v minulosti, lidé budou utíkat jinam. Přinejmenším v dlouhodobé perspektivě má fyzika schopnost samoregulace a lidé se dnes věnují teorii strun tolik proto, že jsou jednoduše přesvědčeni, že je to lepší, rozumnější a více vzrušující cesta dopředu než cokoliv jiného, s čím kdo dosud dokázal přijít. Určitě ale není pravda, že absence nových experimentálních dat bude znamenat smrt "fundamentální" fyziky. Musíme žít s tím, co máme, a pokud nejsme schopni naprojektovat dramaticky nové pokusy, z nichž plynou překvapivé výsledky, musíme své snažení upnout jiným směrem, totiž teoretickým

Já se neobávám toho, že si svobodní mladí lidé budou vybírat špatný obor a že profesori, těšící se akademické volnosti, budou bádát v teoriích, které jim ve skutečnosti nepřipadají hodné bádání. Taková obava nezní moc logicky. Mnohem spíše se obávám toho, že celé země jako Česká republika budou pod vlivem nebo naprostou mocí těch, kteří ji chtějí izolovat, a mladí lidé v Česku nebudou mít vůbec příležitost do oboru vstoupit. Toho se obávám velmi a nynější situace v ČR, a nakonec i Chýlův text zaměřený proti moderní teoretické fyzice, je v tomto směru dostatečně alarmující. Jestliže pan Chýla zaměštná většinu podřízených jako editory jeho z velké části zmateného, nezajímavého a vzteklého povídání, které stejně téměř nikdo nebude číst, nevyvolává to právě optimistické pocity, co se týče osudu grantů jeho ústavu udělených.

Nekonečna

Pan Chýla obviňuje Greena z nepřesnosti kvůli tomu, že Greene konstatuje, že je svět podle kvantové teorie plný kvantového šílenství, které má destruktivní účinek na teorii a známe dnes jen málo způsobů, jak se těchto nepřijemností zbavit. Pokud se chceme vyhnout fluktuacím ovlivňujícím hmotnost Higgsova bosonu a vyřešit takzvaný problém hierarchie, jediným známým přesvědčivým řešením je supersymetrie. Pokud se chceme porvat s horším typem nekonečna, s nimiž se setkáváme v kvantové gravitaci, jediným známým lékem je teorie superstrun.

Greene ani v nejmenším nezpochybňuje, že jsou asymptoticky volné kalibrační teorie konečné. Naopak. Potíž s kvantovou teorií pole v páté kapitole i jinde pojmenovává správně jako problém sjednocování *gravitace* s kvantovou teorií. Až když se snažíme začlenit gravitaci, renormalizační léčba neúčinkuje. Renormalizaci je v knize věnována šestá poznámka k páté kapitole na konci knihy. Pan Chýla také tvrdí, že v kvantové chromodynamice jsou nekonečna, používáme-li nevhodný formalismus, jako je třeba standardní poruchová teorie. To bychom si nerozuměli. Tento rozdíl v našem nazírání na teorii pole se odráží i v Chýlově poněkud staromódním výkladu renormalizace, který nejde za poznatky Landaua z 50. let. Dnes takřka všichni nazírají na kvantovou teorii pole jako na teorii definovanou vůči nějaké škále, po vzoru Kena Wilsona a jeho renormalizační grupy ze 70. let, která je jedním z největších poznatků 20. století, ale v Česku se Wilson zatím dočká jen krátké zmínky o něco dále v Chýlově textu. Kvantová chromodynamika dává v tomto jazyce konečné výsledky, a to i řád po řádu v poruchové teorii!

Kvantová chromodynamika je tedy *poruchově renormalizovatelná* (ale neobsahuje gravitaci, a tak nemůže být uspokojivou finální teorií). To znamená, že poruchový počet ani v nejmenším nenarušuje konzistenci a konečnost kvantové chromodynamiky, v rozporu s tvrzením pana Chýly, který se snaží vzbudit dojem, že se musíme uchýlit k neporuchovým výpočtům, abychom dostali smysluplnou teorii. Nebo snad mluví jen o nekonečnách spojených s volbou nekonečného ultrafialového cutoffu?

Technický výklad kalibrační invariance do populárněvědecké knihy prostě nepatří, a ten Greeneův je podle mého názoru výstižný a příklady s otáčením barev jsou hezké. Pan Chýla také zjevně nechápe, proč říkáme, že symetrie $SU(3)$ vůči rotaci barev implikuje existenci silné síly, tedy řeknu-li totéž pozpátku, proč by bez silné síly nebyla příroda invariantní vůči lokální změně barev kvarků. Kdyby v přírodě nebyla silná síla, nebylo by v ní kalibrační pole silné síly, a bez kalibračního pole nemohou mít kvarky danou symetrii. Nechápu Chýlovu námitku, že si někdo

plete matematiku s fyzikou. Greeneova věta vůbec slovo "fyzika" ani "matematika" neobsahuje, a pokud mluvíme o světě, kde platí jiné zákony než ve světě našem, můžeme úvahám o takovém světě říkat "matematika", nebo třeba "fyzika", každopádně tato volba nemůže mít vůbec žádné důsledky pro naše závěry o příčinném vztahu mezi různými vlastnostmi takové teorie, v rozporu s tvrzením pana Chýly.

Pan Chýla píše řadu dalších nepravdivých vět, například že asymetrie fermionového pole vůči lokálním transformacím nemá žádný fyzikální důsledek a nejde měřit, protože interakci prý nelze testovat. Pan Chýla se asi bude divit, ale důsledků je celá řada. Uvažujme třeba $SU(3)$ barevnou symetrii. Pozici a vlastnosti kvarků lze stále měřit elektromagneticky, takže Chýlova námitka o neměřitelnosti samozřejmě odpadá jako první. Pokud je symetrie $SU(3)$ lokální, tedy transformace se může měnit od bodu k bodu, potom taková symetrie buď je nenarušena, což vede k síle nekonečného dosahu, jako je elektromagnetická síla, nebo k síle uvěznující všechny nabitě objekty, což je případ silné síly. Pokud je lokální symetrie narušena, což je případ elektroslabé symetrie, potom zákonitě musejí existovat hmotné částice o spinu 1. Pokud uvažujeme o symetrii, která není lokální, tedy systém není invariantní vůči transformacím, které se mění od bodu k bodu, potom zjistíme chování zcela odlišné. Pokud je symetrie nenarušena, povede symetrie k zákonu zachování, ale jinak žádným ze zmíněných efektů, což je s velkou přesností případ baryonového čísla. Pokud je globální symetrie narušena, má to za následek existenci nehmotných skalárních Goldstoneových částic. Například i *přibližná* chirální symetrie, otáčející nezávisle levotočivé a pravotočivé komponenty různých "vůní" kvarků, je narušena, což má za následek existenci *přibližně* nehmotných (tedy relativně lehkých) částic, jako jsou piony. Všechny možné varianty se tedy velmi zásadně odlišují a lze je v principu experimentálně rozlišit, chce to jen trochu úsilí!

Pan Chýla říká, že požadavek kalibrační invariance "v žádném případě" nelze srovnávat s požadavkem invariance vůči Lorentzovým transformacím, ale nijak toto své jistě nekonvenční tvrzení nevysvětluje. Pravda je taková, že tyto různé symetrie lze nejen srovnávat: grupa Lorentzových transformací je podgrupou grupy obecných změn souřadnic v obecné relativitě. A grupa obecných změn souřadnic má s Yang-Millsovou symetrií nejen mnoho podobností, ale fakticky má stejný původ jako Yang-Millsova kalibrační invariance, jak vysvětluje teorie strun a jak lze vidět už na jednoduchém příkladě Kaluzovy-Kleinovy klasické teorie s jednou kruhovou dimenzí, kde $U(1)$ kalibrační invariance není nic jiného než lokální posun souřadnice parametrizující kružnici, tedy podgrupa grupy reparametrizací souřadnic.

Výklad kalibrační invariance od pana Chýly sice opět používá příklad se symetrií míče, který si pan Chýla pravděpodobně vypůjčil z Greeneovy knihy, ale přidává k němu technický materiál, který vypadá přesně tak, jako by pan Chýla konstruoval lagranžian. Takhle by ale kniha pro miliony napsat nešla.

Spin

Pan Chýla kritizuje Greeneovo tvrzení o spinu proto, že nechce pochopit, v čem je představa spinu v kvantové mechanice podle Greenea skutečně nová ve srovnání s klasickým momentem hybnosti. Není snad překvapením, že hlavní novinka spočívá v tom, že spin v kvantové

mechanice má kvantované hodnoty. Nemůže se měnit spojitě, jako se mění moment hybnosti klasických objektů, například krasobruslařky. Elektron se nemůže zastavit proto, že žádný stav s menší hodnotou momentu hybnosti prostě neexistuje. Ani kdyby se velmi snažil, pan Chýla by nemohl zkonstruovat zařízení, které by působilo třením na elektron a jakkoliv ho brzdilo. Prostě proto, že elektron "už nemá kam zbrzdit". Ve výkladu tedy vůbec nešlo o žádné nepodstatné tření. Ačkoliv pan Chýla vehementně tvrdí opak, nakonec to vůbec nemusí být tření, které mění moment hybnosti krasobruslařky, ale třeba tlak ruky jejího partnera. Šlo o to, že spin je elektronu vlastní a vůbec jeho velikost nelze měnit, na rozdíl od krasobruslařky.

V knize chybí vysvětlení toho, jak se chovají klasické setrvačnický, protože to vůbec nesouvisí s tématem kapitoly, kterým je naopak spin v kvantové mechanice jakožto důležitý pojem pro chápání supersymetrie. A pokud by chtěl pan Chýla do výkladu supersymetrie zakomponovat chování rotujícího klasického setrvačnicku při změně tvaru, opravdu už asi nenacházím vhodná slova. Pan Chýla zjevně ani po několikanásobném čtení nepochopil jediný smysl celého odstavce o rozdílu klasického a kvantového spinu, který spočívá v tom, že kvantový spin je kvantovaný a velikost spinu elektronu dokonce konstantní, zatímco spin krasobruslařky konstantní není. Tento základní rozdíl je z několika pohledů vysvětlen, ale panu Chýlovi to asi bylo málo, a tak kritizuje Greeneův výrok, že "elektron rotuje vždycky stejnou rychlostí" poukazem na to, že "rychlost otáček krasobruslařky přece není konstantní". Není jednoduché vést takovou diskusi. Ale smyslem Chýlova materiálu snad ani diskuse nebyla. Chýla se také mýlí, že můj překlad slova "rate" nebyl správný. "Rate" sice může znamenat "míra", ale vždycky je to míra něčeho za jednotku času, tedy "rychlost", "tempo", "stupeň". Zvažoval jsem i formulace jako "elektron vždycky rotuje stejnou měrou", ale jednoduše jsem je vyřadil jako nepřijatelné, protože mému uchu nezní dobře. Numerickou hodnotu momentu hybnosti si stejně lze vždycky představit jako součin nějakých zvolených hodnot momentu setrvačnosti a úhlové frekvence (bez ohledu na to, že jim nelze dát jednoznačnou fyzikální interpretaci, ale každopádně s rotujícím setrvačnickem jsme i u výkladu spinu elektronu začali, tak není důvod ho ihned zahazovat), a jelikož je moment setrvačnosti ovlivněn jen tvarem, jak každý cítí, je výrok o konstantní rychlosti otáčení morálně ekvivalentní výroku o konstantním spinu. V knize je jinak na mnoha místech vysvětlena a vypsána velikost spinu všech elementárních částic včetně jejich superpartnerů, ale ani to nezabrání panu Chýlovi, aby si postěžoval, že prý "celočíslnost či poločíslnost spinu v kvantové mechanice je zmíněna jen ve slovníčku".

Dilatace času

Pan Chýla by dal přednost tomu, aby se dilatace času vysvětlovala na atmosférických mionech, a nikoliv na mionech v urychlovačích. Já bych to považoval za nevhodné proto, že urychlovače jsou místem, kde se s relativistickými efekty lidé setkávají neustále, a tudíž by nebylo moudré čtenáře zatěžovat jednotlivými případy odjinud. Z faktu, že Greene vůbec o mionech na urychlovačích mluví, Chýla dedukuje, že si z knihy čtenář vyvodí, že už lidé postavili mionové urychlovače, kde je primární urychlovanou částicí mion; tomu říkám dalekosáhlá dedukce. Takové urychlovače byly v plánu, protože by měly řadu výhod, ale také hodně zdravotních rizik, protože by množství mionů na začátku muselo být veliké a rozpadaly by se na všechny strany, a prostě nikdo mionový urychlovač ještě nepostavil nepostavil. Ale jestliže si čtenář představí, že existují urychlovače, kde se urychlují miony, a nikoliv elektrony, pozitrony či protony, mně

osobně to nepřipadá jako žádná katastrofa. Volba urychlovaných částic je technikalita, a to v podstatě technikalita téměř pro inženýry, a čtenáře prostě tolik nezajímá nebo přinejmenším zajímat nemá, pokud jde o výklad teorie relativity.

Chýlův popis rozpadu mionu mně připadá zmatený i proto, že pan Chýla vzbuzuje dojem, že se ještě nikdy mion v areálu urychlovače nerozpadl. Snad ale sám ví, jaká je pravda. Rozpad je naprosto statistická věc, a tak se v tisícině případů rozpadne mion několik metrů od místa vzniku. Nebo si pan Chýla myslí, že mion vždycky cestuje přesně 8 kilometrů a pak se rozpadne? Předpokládal bych, že je pan Chýla schopen spočítat, kolik mionů se každý rok rozpadne dříve, než se produkty rozpadu dostanou do detektoru, dále rozhodne, jestli to stačí k měření prodloužené doby života a celou svou kritiku z této kapitoly přehodnotí. Každopádně jestli si myslí, že na knize je podstatné to, jestli se ve výkladu speciální teorie relativity rozpadá mion, nebo pion, tak se pan Chýla velmi hluboce mýlí. Mion je jinak lepší už proto, že je jeho poločas rozpadu v řádu mikrosekund přece jen představitelnější.

Stará matka fyzika po plastické operaci a její krása

Zvláštní půlstránková kapitola Chýlova čtení je věnována obhajobě myšlenky, že stará fyzika a nová fyzika je vlastně jedno a totéž. Kapitola má logicky nesmyslný název "Chcete vidět novou fyziku? Naučte se pořádně standardní model!". Nová fyzika je přitom v podstatě definována jako soubor těch fyzikálních jevů, které ve standardním modelu nejsou obsaženy. Povídání pana Chýly je velmi tendenční z několika důvodů. Za prvé, snaží se tvrdit, že standardní model je teorie, které ještě pořádně nevěříme a kterou neustále musíme testovat a dostávat na to miliardy dolarů. Skutečnost je taková, že kvantová chromodynamika, popisující interakce protonu, neutronu, jader a příbuzných částic složených z kvarků (a gluonů), je věrným obrazem naprosté většiny dějů, které se dnes na urychlovačích dějí a experimentální výsledky se od předpovědí v kritických případech neliší o více než asi jedno procento. Jevy kvantové chromodynamiky tvoří "pozadí", jakýsi šum, kterému fyzici rozumějí, a všechny zajímavé jevy se dají klasifikovat jako výrazné fluktuace proti tomuto pozadí. Druhý pravděpodobně nesprávný bod, který Chýla vydává za realitu, je názor, že bude třeba velmi exaktních výpočtů v kvantové chromodynamice, abychom zjistili, zda jsme skutečně pozorovali novou fyziku, nebo nikoliv. Ve skutečnosti očekáváme, že budeme pozorovat nové částice, jejichž efekt by měl být velmi výrazný. A část fyziků se samozřejmě věnuje fenomenologii a dává dohromady pravidla, kterak budeme moci z pozorování vydedukovat, co znamenají pro naše teorie.

Chýlův příklad s Higgsovým bosonem ukazuje absurditu, kterou je celý jeho článek prosycen. Uvádí příklad kandidáta na Higgsův boson, který možná byl a možná nebyl pozorován v listopadu 2000 na urychlovači LEP ve Švýcarsku. Analýza dat nevedla k jednoznačnému rozhodnutí, zda lidé Higgsův boson opravdu pozorovali. Chýla ale také říká, že "analyzovat srážky na LHC bude přitom neporovnatelně těžší než na LEP". Čtenář by si pak skoro myslel, že bude obtížnější nalézt Higgsův boson na LHC, než tomu bylo na LEP. To je samozřejmě pravý opak pravdy. LHC by měl být doslova továrnou na Higgsovy bosony, a pokud není něco se standardním modelem špatně, neměli bychom mít větší problémy Higgsových bosonů vidět, kolik budeme chtít. Proto nakonec zvyšujeme energii urychlovače, aby se nové efekty hledaly *snáze*, nikoliv proto, aby se hledaly *hůře*. Při velmi vysokých energiích, které bude mít k

dispozici LHC, se navíc příspěvky standardního modelu k předpokládaným srážkám stávají mnohem *jednodušeji* spočitatelnými. Pan Chýla píše pravý opak pravdy.

V kapitole o matematické kráse a fyzikální smysluplnosti sice Chýla říká řadu pravdivých věcí, jako například že v renormalizovatelných kvantových teoriích pole jsou nekonečna jen zdánlivá, to ale nic nemění na podstatném faktu, že obecná relativita, popisující gravitaci, renormalizovatelná není, a tudíž bez teorie strun ani v principu neznáme ani triky, kterak se těch nekonečnen zbavit. Tady nejde jen o nedostatek v kráse, ale o naprostou nekonzistenci. Ani v principu neznáme pravidla, jak spočítat výsledek konkrétního experimentu. A to je pro fyzikální teorii velký problém.

Teorie strun a experiment

Pan Chýla nečetl knihu dostatečně pozorně, a tak došel k závěru, že například žádné dosud pozorované jevy nepodporují teorii strun ani nepřímo. Zapomněl tak například na svůj příklad Galileova experimentu v Pise nebo na pokusy v kvantové fyzice. Tyto dvě skupiny jevů dohromady vystačí jako velmi, velmi silný argument pro teorii strun. Teorie strun je i po desítkách let pokusů jedinou známou teorií, která zahrnuje jak kvantovou mechaniku, tak gravitaci do rámce, který si logicky neprotiřečí. Teorie strun činí více: teorie strun gravitaci *předpovídá*, jelikož z vibrací strun můžeme schopnost prostoru zakřivovat se a zprostředkovávat tak gravitaci vypočítat, aniž bychom tuto vlastnost vložili na začátku. Pan Chýla poté vysvětluje, že a,b,c jsou čtyři písmena a staví na hlavu to, co snad pochopila i většina laických čtenářů.

Nevadí, jestli chce pan Chýla někomu brát optimismus, nebo ne. Podstatné je, že se fyzici rozhodují na základě racionálních argumentů a důvodů, těch nejlepších, ke kterým jsou schopni se dostat, a rozhodující část teoretických částicových fyziků pracuje na této teorii (a téměř všichni, kteří ještě nestojí "opodál", ji berou v potaz), protože ji považují za nejlepší cestu, jejíž jedinečnost se v mnoha ohledech stává faktem. Výsledky teorie strun jsou jinak už dnes ohromující, ale to pan Chýla vidět nechce. Fyzici, kteří ke každému tvrzení a každé předpovědi potřebují speciální experiment, mohou považovat dosavadní úspěchy teorie strun jen za úspěchy matematické, každopádně jsou ale velmi úzce spojeny s fyzikálními pojmy a obsahují zjevně fyzikální efekty všech druhů, o jejichž přítomnosti v tomto světě dosud víme. Pan Chýla si nedovede představit, že lze z teorie spočítat hodnoty všech bezrozměrných experimentálně měřených veličin, z teorie strun zase naopak plyne, věříme-li tomu, kam jsme se dosud dostali, že žádné spojitě nedynamické bezrozměrné parametry náš svět mít nemůže.

V kapitole o tom, zda se musí příroda stydět, nebo ne, přirovnává Chýla supersymetrii k zrcadlové, levo-pravé symetrii vesmíru. To je ale hluboké nedorozumění. Supersymetrie má řadu vlastností, které bychom mohli zařadit mezi "estetické", které jsou nicméně klíčové pro matematickou smysluplnost a fyzikální přesvědčivost budovaných teorií, což se například o CP symetrii říct rozhodně nedá. Výklad pana Chýly má i další vážný nedostatek, který bych u částicového fyzika nečekal: pan Chýla zjevně nerozlišuje explicitně narušenou symetrii od spontánně narušené symetrie. Když říkáme, že náš svět je supersymetrický, tak to sice znamená, že supersymetrie musí být nakonec narušena, protože spektrum pozorovaných částic nevytváří páry supersymetrických partnerů. Ale fyzik vždycky předpokládá, že je supersymetrie narušena

spontánně, nikoliv explicitně, jako je to v případě CP symetrie. I pokud používáme jazyk efektivních teorií pole, fakt, že je supersymetrie narušena spontánně, znamená, že v efektivním popisu lze zařadit jen "měkké" členy narušující supersymetrii (to je třída členů s dostatečně nízkou hmotovou dimenzí, jejichž koeficienty lze v principu spočítat ze znalosti úplné teorie, ale většinou toho nejsme schopni). Existence spontánně narušené symetrie má tedy každopádně stále jasné pozorovatelné důsledky.

Pan Chýla říká morálně nepravdivé tvrzení i dále, když píše, že "matematicky možných symetrií fyzikální soustavy je nekonečné množství". Kdyby znal matematické teorémy, věděl by, že supersymetrie je naprosto jediným možným rozšířením Lorentzovy symetrie a grupy translací, které není pouhou vnitřní symetrií, komutující se všemi rotacemi (příklady jako $SU(8)$ kalibrační symetrie jsou tedy pro tuto diskusi irelevantní, zabýváme se jen symetriemi, které nějak působí na prostor a čas, jak sám Greene píše). Kdysi si lidé mysleli, že ani nic jako supersymetrie není možné a Coleman a Mandula dokázali teorém, který tvrdil, že nejsou možné v podstatě žádné nové symetrie, a který měl nakonec jeden nežádoucí předpoklad. Odstranění předpokladu vedlo pouze k jedné možné nové symetrii. Tuhle naprosto zásadní vlastnost supersymetrie a symetrií ve fyzice - totiž jedinečnost supersymetrie jako rozšíření časoprostorových symetrií - vůbec Greene vyložil detailně, byť jen na populární úrovni, a mrzí mě, že pan Chýla neměl dost otevřenou mysl, aby se něco přiučil. Ale s tímto účelem asi knihu vůbec nečetl. Každopádně neexistuje ani jedna fyzikální teorie, která má nějakou novou symetrii odlišnou od supersymetrie, jejíž generátory obsahují jakékoliv časoprostorové indexy.

Pan Chýla je bohužel zmaten i dále. Vůbec nepochopil, co znamená předpověď zlomků elementárního náboje, kterou ovšem mají jen některé modely v teorii strun. Vůbec nešlo o náboje kvarků, jak si k výkladu bezdůvodně přidal pan Chýla, nýbrž o zcela nové exotické náboje jako $+1/5$ a podobně (jak Greene samozřejmě píše). Částice s takovými náboji by pravděpodobně byly velmi těžké (jak Greene také píše) a samozřejmě to nejsou kvarky. Předpověď takových zlomků elementárního náboje ale není univerzální předpovědí teorie strun. Tím se stává celá kapitola pana Chýly irelevantní, ale přesto mu uchází několik dalších věcí. Chýla třeba mluví o nejjednodušší teorii s grupou $SU(5)$, ale asi mu přitom uchází, že ta je experimentálně vyvrácena na základě předpovědi rychlého rozpadu protonu (jak se nakonec v *Elegantním vesmíru* také lze dočíst).

Zlomky elementárního náboje lze do kvantové teorie bodových částic zavést jen za cenu nesmírně nepřirozených operací, a proto jsou tam jako sloni v porcelánu. Pan Chýla se teď už zjevně pouští do oblastí fyziky, v nichž není právě jedním z těch nejzkušenějších (kapitoly o kvantové geometrii, černých dírách, kosmologii a budoucnosti našťestí vzdal úplně), ale stále se snaží tvářit, jako že Briana Greena převyšuje, což opravdu není rozumné. Rád panu Chýlovi podám detailnější vysvětlení, ale tady se spokojím s příkladem. Když uvažujete o $SU(5)$ kalibrační teorii, kterou jste zmínil, elektrický náboj je jistou kombinací generátorů této grupy a nabývá v každé reprezentaci hodnot, které jsou vždy násobky $1/3$. Zkuste do $SU(5)$ kalibrační teorie velkého sjednocení zakomponovat částice s elektrickým nábojem $1/5$ a pak se ozvěte znovu. Co mě skutečně znepokojuje, je permanentní Chýlovo obviňování Greena, že je v textu něco zásadního špatné. V textu není zásadně špatné nic a ani těch drobných chybiček nelze najít moc.

Chýla se dále pohrdavě vyjadřuje o všech možných evidencích pro teorii, a to i o těch, které si

dnes lze jen představovat. Žádný důkaz pro něho není příliš charakteristický, protože lze všechno vměstnat i do bodověčásticových teorií. Ale pane Chýlo, teorie strun je v podstatě jen decentním a velmi konzervativním rozšířením konceptu kvantové teorie pole a neustále platí, že na dostatečně dlouhých vzdálenostech lze teorii strun, stejně jako prakticky jakoukoliv jinou existující i neexistující teorii, aproximovat efektivní teorií pole odvozenou od bodových částic. Takže samozřejmě budete vždycky moci říkat, že je teorie superstrun špatná, a to třeba i v případě, že budeme pozorovat deset či jedenáct dimenzí prostoru. Je to jen otázka rozumného úsudku vědecké poctivosti každého. Skryté rozměry a z velké části i supersymetrie jsou fenomenologickou doménou teorie strun. Prostě proto, že lidé nemají ponětí o smysluplných teoriích pole ve vyšších dimenzích, které nesouvisejí se strunami, a proto, že narušená supersymetrie má za následek existenci nehmotných goldstin, které by pokazily kosmologii, a tudíž je třeba je odstranit, což lze v supergravitačních teoriích, odkud už je k superstrunám jako jejich konzistentnímu zobecnění opravdu jen krůček.

Jedinečnost teorie a skryté dimenze

Teoretici superstrun obvykle považují teorii superstrun za jediného známého kandidáta na sjednocující teorii všech interakcí proto, že je teorie superstrun jediný známý kandidát na sjednocující teorii všech interakcí. Tato jedinečnost není zřejmá na první pohled, ale zdá se být stále více skutečností. Pan Chýla může být nespokojen, když lidé říkají, že je 113 jediné prvočíslo mezi 110 a 120, může říkat, že je takové tvrzení brzdou rozvoje, ale to je asi to poslední, co může proti tomuto faktu dělat. Teorie strun je široký obor, čítající přes deset tisíc vědeckých článků, ale není to pojem mlhavý, jak se snaží pan Chýla naznačit. V teorii strun bylo dosud vždycky možné po určité době rozhodnout, zda je nějaká hypotéza či konstrukce správně a je skutečnou součástí teorie, nebo je chybně. Teorie strun dnes není věda zaměřená primárně na to, zda je velikost struny taková, nebo jiná. Nevíme, jaká je odpověď. Do poloviny devadesátých let všichni předpokládali, že fundamentální měřítko, čili typická vzdálenost, musí být srovnatelná s Planckovou škálou, asi 10^{-35} metru, zatímco druhá superstrunová revoluce obdařila fyziky možností konstruovat modely, podle nichž budeme moci vidět struny takřikajíc na vlastní oči, protože jejich velikost může být i celých 10^{-19} metru. Většina výkladu Greeneovy knihy se soustřeďuje na obecnější, koncepčnější a důležitější otázky a člověk bude tyto věci muset znát nehledě na to, zda jsou správné konvenční představy, podle nichž je základní měřítko kvantové gravitace 10^{-35} metru, nebo představy moderní, podle nichž může být i 10^{-35} metru a skryté rozměry mohou být až několik mikrometrů velké!

Greene neustále dává přednost konvenčním modelům, ale o moderních scénářích, které nabízejí vzrušující možnosti experimentálního ověření za pár let, se také na mnoha místech zmínil. Jednoduše dnes nevíme, který scénář je správně - nevědí to samozřejmě ani ti, kteří nové modely předložili - a takové zásadní kvantitativní otázky jsou ve skutečnosti velmi jemnými otázkami, jejichž zodpovězení vyžaduje analyzovat teorii s větší přesností, než jsme dnes schopní. Celý průmysl modelů s velkými rozměry se může ukázat být irelevantní a Greene se chtěl soustředit na fyzikální poznatky, jejichž důležité místo ve schématu věcí už dnes většina považuje za více či méně definitivní. Podrobnosti fenomenologie velkých skrytých dimenzí mezi tyto kvazidefinitivní poznatky nepatří, byť by bylo potvrzení těchto modelů počinem úžasným.

Překlad

Tak především. Největší úlovek není Chýlův, ale patří Janu Novotnému, který napsal do Literárních novin recenzi. Pan Novotný zbytečně nehřmí, ale když něco najde, tak to stojí za to. V prvním vydání českého překladu Einstein říká, že "pokud by Eddingtonova expedice zakřivení paprsků nenalezla, potom bych drahého lorda litoval, neboť ta teorie správná je" (litoval ho proto, že Eddington provedl chybný experiment). V dotisku jsme už větu uprostřed změnili na "potom bych litoval milého Pánaboha" (protože nezvolil k tvorbě světa tu správnou nejlepší teorii, totiž tu Einsteinovu). Otázkou je, koho tedy Einstein mínil tím "Lordem". Eddington byl lord, ale velké písmeno spíše ukazuje na Pánaboha. Zatímco Brian Greene během pěti minut potvrdil, že si myslí, že "Lord" byl Bůh a že jsem tedy učinil chybu, ze které si ale vůbec nic nemám dělat, objevily se i opačné informace naznačující, že lordem byl v Einsteinově odpovědi míněn Eddington. Prostě nevím, která odpověď je správná, ačkoliv jsem otevřen spíše možnosti, že jsem chyboval. Ale dokonce ani nevím, zda mám brát příliš vážně něčí "jednoznačné" odpovědi. Například lze najít jméno Eddington v závorce za "dear Lord" na stránce

<http://repo-nt.tcc.virginia.edu/book/chap2/chapter2sec3.html>

a "dear lord" s malým "l" najdeme na

http://www.colorado.edu/physics/APAS1020/12_1.html

O "dear Lord" Sir Eddington se lze dočíst i na

<http://www3.sympatico.ca/wbabin/paper/faraj.htm>

Co se týče druhého velkého nedostatku, tedy jediného, který našel sám pan Chýla, mohu říct následující. Letmý výzkum v okolí ukázal, že většina lidí netuší, co znamená "svatý grál", a kdybych tento pojem užil, cítil bych potřebu vysvětlit, co to vlastně znamená. Takové vysvětlování by jednak nesouviselo s obsahem knihy, ale zároveň ani přesně nevím, jak bych ho vysvětlil. Je to číše, ze které pil Syn Boží při poslední večeři, ale může mít i abstraktnější význam. Tam kdesi nahoře u Boha uvidíme na hradě Grál pohár zvaný "svatý grál", ale možná je to něco mnohem abstraktnějšího, něco, co hledáme, ale zatím hledání neslavilo úspěch, něco, o čem bychom ani neměli vědět, co to je. Prostě mně to připadalo jako výraz, který patří buď do romantické středověké literatury z přelomu 12. a 13. století, nebo do povídání o Monty Pythonovi, a dával jsem přednost překladu "svaté zaklínadlo", který je v daném kontextu ekvivalentní a snad i trefnější, protože zaklínadlo má přece jen blíže k finální teorii než nějaká číše, má potřebný magický nádech a také ho můžeme hledat. Paní redaktorka se mnou nesouhlasila a nakonec jsme skončili u kompromisu. Navzdory nemilosrdné kritice od pana Chýly bych ani dnes nevěděl jistě, jaký překlad zvolit.

A teď k připomínkám, které i pan Chýla považuje za drobnější. Pod "vzrůstající kapacitou techniky" si v souvislosti s urychlovačem údajně čtenář nepředstaví rostoucí výkon urychlovačů a citlivost detektorů. Jsem přesvědčen o opaku, nic více o tom říct nemohu. Jelikož pan Chýla žádnou alternativu nenabídl, předpokládám, že žádnou nemá.

Ve větě se slovy "zákony ovládající malé a zákony ovládající velké" bych také dodnes nic neměnil. Ty zákony neovládají "velké vzdálenosti" samotné, nýbrž spíše "velké objekty" nebo "velké soustavy objektů" (planety, hvězdy a galaxie), přesněji řečeno ovládají děje, jichž se účastní objekty oddělené velkými vzdálenostmi. Jelikož mně i nadále připadá ze všech variant můj překlad, nad kterým jsem samozřejmě také přemýšlel, jako nejlepší (čímž netvrdím, že neexistuje žádný lepší, na který jsme zatím nepřišli), mohu jen konstatovat, že je kritika pana Chýly nekonstruktivní.

Na výraz "drtič atomů" jsem hrdý, zní podle mého názoru velmi dobře, srozumitelně a velmi věrně odpovídá tomu, co popisovat má, protože se v něm za užití velkého výkonu odlamují kousky atomů (jako elektrony a protony) a tyto kousky se k sobě "přimačkávají" ještě více, a kdybych si myslel, že stereotypní výraz "urychlovač" je i na tomto místě lepší než "drtič atomů", a že je tedy žádoucí pestrost Greeneova jazyka redukovat, jistě bych to býval snadno udělal (a snížil tak o nějaké to promile literární kvalitu knihy). Myslel jsem si opak a myslím si stále totéž. Slovo "srážec" jsem také zvažoval, ale nepovažoval jsem ho za vhodný výraz proto, že působí spíše jako nějaká zvláštní přísada do pracího prášku, a proto jsem napsal "srážkostroj" a učinil bych to i nyní.

"Záblesky světla" jsem přidal po dlouhé diskusi na výslovné přání prvních čtenářů, jejichž totožnost si pamatuji, a nepovažuji to dnes za chybu prostě proto, že fotony jsou tím pravým produktem reakce elektronu a pozitronu, která si zaslouží nazývat "anihilaci". Neutrální piony, kterými by chtěl zatěžovat čtenáře pan Chýla, se mimochodem stejně bleskově rozpadnou na fotony. Pan Chýla pak říká hromadu věcí o anihilaci, které stejně lehce nadprůměrný čtenář pochopil. Kritika na adresu Briana Greenea ani v tomto případě není racionální. Jestliže v koncovém stavu máme hromadu nových nabitých částic, taková obecná reakce si prostě v rozporu s názorem pana Chýly nezaslouží název "anihilace", už proto, že je slovo "anihilace" odvozeno od slova "nic". Obecněji můžeme anihilací mínit každý proces, v jehož průběhu lze nalézt stav, který obsahuje samé neutrální částice (třeba fotony), ale takové "znásilnění" pojmu anihilace by se čtenářům obtížně vysvětlovalo..

O nesprávnosti Chýlova chápání slova "rate" jsem psal už výše v pasáži o spinu. Není snad třeba vysvětlovat, že jsem u slova "disparage" vybral český ekvivalent, který jsem považoval za nejlepší, a čtenář, který si tu větu řekne celou, tak si jistě všimne, že není možné užít slova Chýlova, například "Glashow a Ginsparg podcenili experimentální nedostupnost teorie strun". Absolutně by to zkazilo význam. Správný překlad je můj, správný překlad je "veřejně zneuctili", případně bych byl ochoten přijmout slovo jako "zkritizovali", ale nikoliv nápady pana Chýly.

Pan Chýla kritizuje překlad slova "weird" a několika dalších slůvek pomocí českého slova "šílený", ale žádnou alternativu nepředkládá, takže ani této námitce nelze přikládat přehnanou váhu. Jsem rád, že jsem pana Chýlu poučil o tom, že může existovat "bombastický důkaz" a že to dokonce považuje za "vrchol mého tvůrčího přístupu". Možné budoucí důkazy pro teorii strun, které byly vysvětleny v kapitole "Výstřely do dále" v 9. kapitole, by byly opravdu bombastické - a nakonec se o jejich bombastičnosti v této části 9. kapitoly mluví podrobně - v tom smyslu, že by byly obrovským překvapením, velikou senzací a jsou tedy velmi nepravděpodobné, anglicky "long shot". Je vidět, že pokud se pan Chýla zbaví své pýchy, může se z knihy naučit hromadu věcí.

Neméně půvabná je Chýlova kritika toho, že jsem v grafu "shorter distance" přeložil jako "kratší vzdálenost". Jaký to hřích! Šipecka v grafu s touto popiskou znamená, že na té straně grafu, kam šipecka ukazuje, jsou vzdálenosti kratší. Pokud má čtenář problémy i s takovými "komplikovanými" věcmi, není divu, že dokáže ze svých hlubokých nedorozumění sestavit 37stránkový elaborát. Chýla navíc dokonce kritizuje i to, že jsem "force strength" přeložil jediným mně známým rozumným a stručným způsobem jako "velikost síly". Sice v půlstránkovém povídání neřekne ani náznak toho, jak heslo přeložit lépe, vynahradí to ovšem velkým množstvím neodůvodnitelných nadávek a argumentuje dokonce tím, že "velikost síly" se musí zpět do angličtiny přeložit jako "force magnitude". Pan Chýla asi hraje tichou poštu.

Chýla také kritizuje formulaci o závratích a o tom, že po přečtení textu o principu neurčitosti se čtenáři v hlavě určitě rozsvítí. Jak korektní, neotřelý a zábavný tento obrat je, nakonec dokazuje i Chýla sám, když na konci pasáže píše, že doufá, "že se Luboši Motlovi aspoň teď v hlavě rozsvítí". Určitě musí slyšet, že to nezní špatně. Jen si to přiznat. A kdybych už zvolil méně avantgardní překlad než "rozsvítí se vám v hlavě", pravděpodobně bych napsal "zatočí se vám hlava" spíše než Chýlovo "...vám půjde hlava aspoň trochu kolem".

Pan Chýla si nakonec zvolil ze 400stránkové knihy jednu půlvětu a rozhodl se, že alespoň jednu půlvětu přeloží lépe než já, a tím dostatečně dokáže, že by on sám jistě práci odvedl lépe. Nakonec si zvolil větu "Když své zraky upíráme na budoucnost a předpovídáme zázraky, které na nás čekají..." Jeho vylepšená verze zní "V okamžicích, kdy své zraky upíráme k budoucnosti a představujeme si všechny ty úžasné věci, které nás čekají...". Nevím, zda má čtenář jednoduchý úkol rozhodnout, která ze z těchto formulací je vlastně vůbec ta lepší, jestli ta první, vedle níž bylo třeba přeložit desetitisíce vět dalších, nebo ta druhá, kterou si pan Chýla vybral jako ukázkou do výlohy jeho překladatelských schopností (přičemž cokoliv chtěl, mohl zkopírovat ode mě). Překlad pana Chýly je asi tak o čtvrtinu delší a podle mého názoru méně věrný a méně štavnatý, ale připouštím, že bych "k budoucnosti" místo "na budoucnost" zvolil, kdybych knihu překládal nyní.

Fanatický odpor a volání po cenzuře a izolaci

V kapitole "Nadšení a fanatismus" Chýla nejprve konstatuje, že nesledoval, co se dělo v teoretické fyzice v roce 1984. Green a Schwarz tehdy napsali svůj slavný článek a fyzici začali prokazatelně po stovkách opouštět své staré projekty, aby se vši energií zahájili útok na nejnovější frontě odvěké války lidstva za porozumění nejhlubším zákonitostem fungování vesmíru. Během roku a něco bylo napsáno hodně přes tisíc článků o teorii strun, a proto tomuto období říkáme "první superstrunová revoluce". Vyprávění o superstrunových revolucích možná zní vznešeně, každopádně líčí události, které se skutečně staly. Chýla nakonec přirovnává teorii strun k chybným teoriím z minulosti a nemá při tom příliš pochyb o tom, že teorie strun musí být skutečně slepou uličkou a že je většina teoretických částicových fyziků pomatená. V poslední kapitole pak nabádá Chýla učitele, žáky, zájemce o fyziku a vůbec všechny ostatní, aby *Elegantní vesmír* nečetli, protože je irelevantní, obsah knihy lidstvu nic nepřinesl a v žádném případě nesmí zatlačit do pozadí teorie, které se před 30 lety naučil pan Chýla. Prostě je to zakázaná literatura. Kdyby pan Chýla rozhodoval o výuce na nižších typech škol, děti by se nepochybně učily, že čist *Elegantní vesmír* je nemorální. Pan Chýla pak chrlí z rukávu názvy snad úplně všech knih, které

alespoň vzdáleně hovoří o teoretické fyzice, v naději, že lidi čtoucí *Elegantní vesmír* rozmete na všechny možné strany.

Zaplať Pánubohu, dnes takovým voláním už nelze izolovat od vývoje ve světě celou zemi, ale maximálně Chýlovy zaměstnance, kteří jsou občas vedeni k tomu, aby za stamilionový grant GA ČR nedělali ani tak fyziku, jako spíše pomáhali svému vedoucímu hřmít, že se fyzika nesmí popularizovat. Sto milionů ztráty není žádná katastrofa, izolace celé země by byla horší. Dokud budou fyziku v České republice řídit lidé, kteří tráví podstatnou část svého času nostalgickými vzpomínkami na sedmdesátá léta, kdy kvantová chromodynamika tvořila vrchol fyziky, v Československu probíhala normalizace a většina nových poznatků k nám proudila ze SSSR, a dokud se tito lidé budou podobným fanatickým způsobem bránit jakékoliv změně a pokroku, nevidím budoucnost české částicové teoretické fyziky o nic lépe, než jaký je její dnešní, katastrofální stav.