

Superstruny: teorie všeho?

Základy moderní fyziky otrásá nová teorie, která rychle mění dlouho hýčkané, ale bohužel už zastaralé představy o našem vesmíru a nahrazuje je novou matematikou, ohromující svou krásou a elegancí. Přestože dosud zůstává řada nevyřešených otázek, týkajících se této teorie, nadšení vědců nad ní je téměř hmatatelné. Na celém světě se ozývají hlasy předních fyziků, že jsme svědky zrodu nové fyziky.

Říká se jí „teorie superstrun“ a její rozvoj během poslední dekády byl vyvrcholením celé řady průlomů ve fyzice, což naznačuje, že se snad konečně blížíme k jednotné teorii pole – úplnému matematickému popisu, který by obsáhl všechny známé síly ve vesmíru.

Zastánci teorie superstrun dokonce tvrdí, že je to možná konečná „teorie vesmíru“.

Při zavádění nových myšlenek bývají fyzikové zpravidla opatrní. Avšak princetonský vědec Edward Witten tvrdí, že teorie strun bude dominovat světu fyziky příštích padesát let. „Superstruny jsou skrz naskrz zázrak,“ prohlásil nedávno. Na jedné fyzikální konferenci posluchače ohromil prohlášením, že možná zažíváme tak velkou revoluci ve fyzice, jakou byl zrod kvantové teorie. Dodal ještě, že tato revoluce „povede k novému chápání podstaty prostoru a času, jež bude představovat nejdramatičtější vývoj v této oblasti od vzniku obecné teorie relativity.“¹

I časopis *Science*, zpravidla velmi umírněný ve svých komentářích, srovnal zrod teorie superstrun s objevem svatého Grálu. Napsal též, že „tato revoluce může mít stejně

hluboké důsledky, jako měl v matematice přechod od reálných ke komplexním číslům.“²

Dva z tvůrců této teorie, John Schwarz z Kalifornského technického institutu a Michael Green z Queen Mary College v Londýně, ji označili – trochu provokativně – jako teorii všeho.³

Celé toto vzrušení pramení z toho, že teorie superstrun by mohla vysvětlit *všechny* známé fyzikální jevy – od pohybu galaxií až po dynamiku jádra v atomu. Teorie skýtá i udivující předpovědi týkající se původu našeho vesmíru, počátku času a existence mnohadimenzionálních vesmírů.

Představa, že obrovské množství informací o našem fyzikálním vesmíru, které se podařilo obtížně nashromáždit během několika tisíc let pečlivého zkoumání, lze shrnout do jediné teorie, je pro fyzika omamná.

Pro přiblížení uveďme, že němečtí fyzikové svého času vytvořili encyklopedii fyzikálních věd pod názvem *Handbuch der Physik*, obrovské dílo, které shromáždilo existující fyzikální vědomosti. *Handbuch* zabírá v knihovně celou polici, a není divu, vždyť je to vrcholný soubor vědeckého učení. Je-li superstrunová teorie správná, pak se všechny informace obsažené v této encyklopedii dají v principu odvodit z *jediné rovnice*.

Na superstrunové teorii vzrušuje fyziky nejvíce ta skutečnost, že nás nutí podstatně revidovat naše chápání podstaty hmoty. Od časů starých Řeků panovala ve vědě představa, že základními stavebními kameny vesmíru jsou drobné částice, v nedávné teorii chápané jako bodové. Démokritos pro ně vytvořil slovo *atomos* (nedělitelné), aby zdůraznil jejich povahu jako základních, nezničitelných částíček hmoty.

Podle teorie superstrun jsou však těmi základními stavebními prvky drobné vibrující strunky. Je-li tomu tak, pak všechno na světě, od protonů a neutronů přes naše vlastní těla až po nejvzdálenější hvězdy, je složeno z těchto

droboulinkých kmitajících strunek. Nikdo je nikdy neviděl, na to, aby se daly pozorovat, jsou příliš drobné – jsou ještě sto × miliarda × miliarda drobnější než protony. Svět se pouze jeví jako složený z bodových částic proto, že naše přístroje jsou příliš hrubé na to, aby nepatrné strunky odhalily.

Na první pohled se může zdát divně, že tak jednoduchý trik – náhrada bodových částic strunkami – může vysvětlit bohatou rozmanitost částic a sil (které vznikají výměnou částic), s níž se v přírodě setkáváme. Teorie superstrun je vskutku tak elegantní a široká, že z ní plyne možná existence miliard a miliard různých typů částic a substancí ve vesmíru, jež mají překvapivě rozdílné vlastnosti.

Teorie superstrun může poskytnout koherentní vřezávající obraz přírody podobným způsobem, jako lze použít strunu houslovou k „sjednocení“ všech hudebních tónů a zákonů harmonie. Historicky vznikla hudební pravidla po tisíciletém zkoumání různých hudebních zvuků metodou pokusu a omylu. Dnes tyto rozličné zákony umíme odvodit z jednotného obrazu, totiž z toho, že struna může znít na různých frekvencích, z nichž každá představuje určitý tón hudební stupnice. Tóny vytvářené kmitající strunou, jako například jednou čárkované C, nejsou samy o sobě fundamentálnější než tóny jiné. Jako základní se ale jeví skutečnost, že jedna jediná představa, představa kmitající struny, může vysvětlit zákony harmonie.

Znalost fyziky houslové struny tedy poskytuje vyčerpávající teorii hudebních tónů a umožňuje předpovídat harmonie a akordy nové. Podobně jsou podle teorie superstrun základní síly a částice, které v přírodě nacházíme, jen rozdílnými mody kmitů vibrujících strun. Například gravitační interakce odpovídá nejnižšímu vibračnímu modu kruhové uzavřené struny (smyčky). Vyšší excitace struny vytvářejí různé formy hmoty. Z hlediska teorie superstrun není žádná síla či částice fundamentálnější než ty druhé – všechny jsou jen různými vibračními rezonancemi strun.

Právě proto tento jediný rámec, teorie superstrun, dokáže v principu vysvětlit, proč je vesmír zabydlen tak bohatou populací rozdílných částic a atomů.

Odpovědí na prastarou otázku „Co je to hmota?“ tedy je, že hmota sestává z částic, jež jsou různými vibračními mody strun, tedy analogiemi například tónů popsanych notami D a G. „Hudba“ vytvářená strunou je sama hmota.

Hlavním důvodem, proč fyziky na celém světě nová teorie vzrušuje, je to, že se zdá řešit fundamentální fyzikální problém století: jak jednotně popsat čtyři základní síly přírody. Skutečnost, že tyto čtyři síly lze pokládat za různé projevy jedné sjednocené síly, kterou vládne superstruna, to je důvod k nadšení.

Čtyři síly

Síla je obecně něco, co může pohybovat nějakým objektem. Magnetismus je silou, protože hýbe magnetickou střelkou. Elektrina působí silově, protože díky ní nám mohou vstávat vlasy na hlavě. Během posledních dvou tisíc let jsme nakonec došli k tomu, že existují jen čtyři fundamentální síly: gravitace, elektromagnetismus a dvě síly nukleární, silná a slabá. Ostatní síly, které lidé rozpoznali už pradávno, jako je síla větru či oheň, se dají vyložit pomocí těchto sil základních. Jednou z největších záhad vesmíru se dlouho zdálo, proč se tyto síly projevují tak rozdílně. Během posledních padesáti let se fyzikové potýkali s problémem, jak tyto síly popsat jednotným způsobem.

Abyste čtenář pochopil důvod všeho vzruchu nad teorií superstrun, povíme si nejdříve něco o jednotlivých silách a ukážeme, jak rozdílně se jeví.

Gravitace je přitažlivá síla, která drží pohromadě sluneční soustavu, udržuje Zemi a planety na oběžných drahách a brání tomu, aby hvězdy explodovaly. V našem ves-

míru je dominující silou. Působí na nepředstavitelných vzdálenostech miliard světelných let, až k nejvzdálenějším hvězdám, a zodpovídá za pohyb galaxií vesmírem, právě tak jako za pád jablka ze stromu či za skutečnost, že se naše nohy udrží na podlaze.

Elektromagnetická síla drží pohromadě atom a způsobuje, že negativně nabitě elektrony krouží kolem pozitivně nabitého jádra. A protože elektromagnetická síla určuje strukturu atomů, je i silou, která vládne chemii.

Na Zemi je elektromagnetická síla někdy natolik silná, že převáží nad gravitací. Třeme-li hřeben, povede se nám s ním posbírat ze stolu útržky papíru. Elektromagnetická síla je v tomto případě silnější než dolů působící síla gravitační a nad zbývajícími dvěma silami vítězí při vzájemném působení částic tak dlouho, dokud je vzdálenost mezi nimi větší než 0,0000000000001 cm, což je zhruba rozměr jádra.

(Asi nejznámějším projevem elektromagnetického působení je světlo. Při vybuzení atomu se pohyb elektronů kolem atomů stává neregulárním a elektrony vyšlou světlo a další formy záření. Takto vznikají různé formy elektromagnetického záření, jako jsou rentgenové paprsky, viditelné světlo, tepelné záření, mikrovlny produkované radarem či vlny radiové. Rádio a televize demonstrují různé projevy elektromagnetické síly.)

Uvnitř atomového jádra převažují nad elektromagnetickou silou silná a slabá (jaderná) interakce. Silná interakce – či silná síla – drží protony a neutrony uvnitř jader. Protony mají všechny stejný kladný náboj, takže ponechány jen elektromagnetickému působení by se rozběhly od sebe a jádro by se roztrhalo. Silné síly tedy musí přebít odpudivou elektrickou sílu mezi protony. Zhruba řečeno, jemná rovnováha mezi odpudivými a přitažlivými silami se v jádře udrží jen u poměrně mála různých jader, to je důvodem, proč v přírodě existuje jen okolo sta prvků. Jestliže jádro

obsahuje více než zhruba sto protonů, odpudivé elektromagnetické síle neodolá ani silná jaderná interakce.

Uvolnění silné jaderné interakce může mít katastrofické důsledky. Když se rozbije jádro uranu v atomové bombě, uvolní se explozivně obrovská energie vázaná v jádře a dojde k jadernému výbuchu. Energie uvolněná z určitého množství uranu více než milionkrát převyšuje energii uvolněnou při výbuchu dynamitu stejné váhy. Silná jaderná síla může poskytnout mnohem více energie než chemická exploze, při které se uplatňuje síla elektromagnetická.

Existence silné jaderné síly také vysvětluje, proč svítí hvězdy. Hvězda je vlastně obrovská nukleární pec, v níž se uvolňuje nukleární energie v atomových jádrech. Kdyby se sluneční světlo získávalo místo termonukleární reakce spalováním uhlí, produkovala by se ho jen nepatrná část a Slunce by se rychle celé proměnilo v popel. Bez slunečního světla by Země vychladla a život by vymizel. Bez silné nukleární interakce by nesvítily hvězdy, nebylo by žádné Slunce a na Zemi by neexistoval život.

Kdyby byla ve hře jen silná nukleární síla, byla by většina jader stabilních. Ze zkušenosti ale víme, že některá jádra, například jádro uranu s 92 protony, stabilní nejsou, samovolně se rozpadají na menší fragmenty a nějaký zbytek. Mluvíme o radioaktivitě. To naznačuje, že zde působí ještě nějaká další síla, odpovědná právě za radioaktivitu a rozpad velmi těžkých jader. Té se říká slabá interakce nebo slabá síla.

Slabá interakce je tak jemná a prchavá, že na ni v běžném životě nenarazíme. Pociťujeme však její efekty nepřímé. Když vedle kusu uranu postavíme Geigerův-Müllerův počítač, slyšíme kliknutí, vyvolaná radioaktivitou jader, již působí slabá interakce. Energie uvolněná při radioaktivním rozpadu, tedy energie produkovaná slabou interakcí, se projeví jako teplo. Za vysokou teplotu zemského jádra je částečně zodpovědný rozpad radioaktivních prvků. Uvolní-li se toto teplo blíže povrchu, má to za následek divoké

vulkanické jevy, jež se odehrávají na zemském povrchu. Podobně se slabá interakce ruky v ruce se silnou podílí na produkci energie v nukleárním reaktoru a energie z jednoho reaktoru osvětlí velké město.

Bez těchto čtyř základních sil by byl život nepředstavitelný. Atomy tvořící naše těla by se rozpadly, Slunce by vybuchlo, zhasly by atomové požáry, jež dávají světlo hvězdám a galaxiím. Představa síly je ve skutečnosti stará a dobře známá, pochází přinejmenším od Isaaca Newtona. Nová je ale myšlenka, že všechny čtyři základní síly jsou ve skutečnosti jen různými projevy síly jediné.

Že se nějaká věc či látka může projevovat různými způsoby, to víme z každodenní zkušenosti. Vezměme hrnek vody a zahřívejme ho tak dlouho, až se všechna voda promění v páru. Voda, za běžných podmínek tekutina, se může proměnit v plyn – páru. Pára má od tekutin velice rozdílné vlastnosti, je to však svou podstatou stále voda. Vodu můžeme také zmrazit v led – odebráním tepla přeměníme tekutinu v tuhou látku. Stále je to ale tatáž látka, voda – jen získala díky vnějším podmínkám novou formu.

Ještě dramatictější příkladem je, že se kámen může proměnit v světlo. Za určitých podmínek se kousek horniny může změnit v obrovské množství energie, například je-li to kus uranu, a uvolněná energie se projevuje při výbuchu atomové bomby. Hmota se může projevovat dvojím způsobem – buď jako materiální objekt (uran), nebo energie (záření).

Podobně v průběhu devatenáctého století fyzikové zjistili, že projevem jen jedné síly je i elektřina a magnetismus. Ne však déle než asi čtyřicet let vědí, že tatáž síla se může projevovat i jako slabá interakce. Za sjednocení elektromagnetické a slabé síly do jedné – elektroslabé – dostali tři fyzikové (Steven Weinberg, Sheldon Glashow a Abdus Salam) Nobelovu cenu za rok 1979. Obdobně fyzikové věří, že existuje i hlubší teorie, teorie velkého sjednocení, označovaná akronymem GUT podle anglického „grand unified

theory“, která by sjednotila s elektroslabou interakcí i interakci silnou.

Ta poslední síla, gravitace, však kladla fyzikům mimořádný odpor. Gravitace se totiž od ostatních sil podstatně liší, a tak fyzikové na její sjednocení s ostatními silami už téměř rezignovali. Ostatní tři interakce se úspěšně sjednotily v rámci kvantové mechaniky – obdobné pokusy však selhaly, když se aplikovaly na gravitaci.

Chybějící článek

Během dvacátého století se rozvinuly dvě velké teorie – kvantová teorie, v jejímž rámci se podařilo vysvětlit tři subatomární síly, a Einsteinova teorie gravitace, zvaná obecná teorie relativity. Tyto teorie se zabývají dvěma od sebe oddělenými oblastmi. Kvantová mechanika se zabývá světem velmi malého – atomy, molekulami, protony a neutrony –, zatímco obecná relativita se uplatní ve světě kosmických rozměrů a velikých hmotností, světě galaxií a hvězd.

Záhadou, která fyziky trápila během dvacátého století, byla zdánlivá neslučitelnost obou teorií, ze kterých se v principu daly odvodit všechny informace o fyzickém vesmíru. Jejich sjednocení se nepodařilo ani těm největším duchům 20. století. I Albert Einstein strávil třicet let života marnými pokusy o vybudování jednotné teorie gravitace a světla.

Přitom obě teorie zaznamenaly v oblastech své působnosti obrovské úspěchy. Nic nemohlo konkurovat kvantové mechanice při odhalování tajemství atomů. Pronikla do tajemství jaderné fyziky, uvolnila energii výbuchu vodíkové bomby a pomohla vytvořit kdejaké moderní zařízení od tranzistorů k laserům. Je to teorie tak mocná, že kdybychom tomu věnovali dost času, uměli bychom určit vlastnosti všech chemických sloučenin jen výpočtem na počítači, aniž bychom museli vstoupit do laboratoře. Přes

všechny úspěchy při popisu světa atomů však kvantová teorie selhává, když ji chceme aplikovat na gravitaci.

Skvělých výsledků dosáhla i obecná teorie relativity na svém vlastním dvorku, tedy v kosmu. Dobře známou předpovědí obecné relativity jsou černé díry, které fyzikové pokládají za konečný stav hodně hmotných umírajících hvězd. Obecná relativita též předpovídá, že vesmír započal velkým třeskem, díky kterému se galaxie od sebe velikými rychlostmi vzdalují. K chování atomů a molekul ovšem v podstatě nic neříká.

Fyzikové se tedy střetávali s dvěma rozdílnými teoriemi, z nichž každá pracovala s jiným matematickým aparátem a byla schopna činit podivuhodně přesné předpovědi na svém území.

Bylo to, jako kdyby příroda stvořila někoho sice se dvěma rukama, ty by se ale od sebe podstatně lišily a jejich funkce by byly naprosto nezávislé, levice by doslova nevěděla, co dělá pravice. Fyzikové však byli a jsou přesvědčeni, že příroda se nakonec ukáže jako jednoduchá a elegantní, takže se jim to zdálo záhadné – nevěřili, že by se chovala tak bizarním způsobem.

A právě zde vstupují do obrazu superstruny, protože ty snad dokážou vyřešit problém, jak obě teorie spojit. Pro fungování teorie superstrun jsou ve skutečnosti *nezbytné* jedna i druhá, jak kvantová mechanika, tak relativita. Teorie superstrun je první teorie, v jejímž rámci má dobrý smysl kvantová teorie gravitace. Vypadá to tak, že vědci se v minulých desetiletích stále marně snažili sestavit kosmickou skládku a pak si najednou všimli, že chybějícím dílem jsou právě superstruny.

Podivnější než science fiction

Vědci jsou zpravidla konzervativní. Nové teorie přijímají jen pomalu, zvláště tehdy, když jsou jejich předpovědi trochu zvláštní. Teorie superstrun vede k těm nejdivočejším

předpovédím, jež se kdy ve fyzice vyskytly. Každá teorie, která by byla schopná shrnout základy fyziky do jedné rovnice, by musela mít hluboké fyzikální důsledky, a tak je tomu i s teorií superstrun.

V roce 1958 poslouchal velký kvantový fyzik Niels Bohr přednášku jiného velkého fyzika Wolfganga Pauliho. Posluchačstvo nepřijalo Pauliho vývody příliš příznivě a Bohr poznamenal: „Všichni se shodneme, že vaše teorie je bláznivá. Otázkou zůstává, zda je bláznivá dostatečně.“ Předpovědi teorie superstrun jsou natolik bizarní, že nemůže být pochyb o tom, že vskutku „dostatečně bláznivá“ je.

Podrobněji se budeme jejími důsledky zabývat v dalších kapitolách, teď se zmíníme jen o několika, abychom pochopili, proč se říká, že teorie superstrun náhle staví realistickou fyziku do podivnějšího světla než science fiction.

Vícerozměrné vesmíry

Ve dvacátých letech 20. století podávala nejlepší výklad počátku našeho vesmíru Einsteinova obecná teorie relativity. Podle ní se zrodil před deseti až dvaceti miliardami let gigantickou explozí zvanou velký třesk. Všechna hmota ve vesmíru, jež dnes tvoří galaxie, hvězdy a planety, byla na počátku koncentrovaná ve stavu obrovské hustoty a obrovský výbuch ji uvedl do vzájemného pohybu, čímž se začal vytvářet náš rozpínající se vesmír. Tato teorie vysvětluje pozorovaný fakt, že hvězdy a galaxie se vzdalují od Země (v důsledku rychlosti, kterou hmotě udělila síla při velkém třesku).

V tomto výkladu na základě Einsteinovy teorie však toho mnoho chybí. Proč vesmír explodoval? Co se dělo před velkým třeskem? Teologové i vědci po léta pociťovali neúplnost teorie velkého třesku, protože nevysvětlovala původ a povahu velkého třesku samotného.

Teorie superstrun kupodivu umí říci, co se před velkým třeskem dělo. Podle ní existoval vesmír původně v deseti di-

menzích, ne ve čtyřech, které dnes vnímáme (tím se míní tři prostorové a jedna časová). Protože však byl desetirozměrný vesmír nestabilní, rozpukl se na dva kusy – čtyřrozměrný vesmír se oddělil od zbytku. Abychom to ilustrovali, představme si mýdlovou bublinu, která pomalu vibruje. Když její kmity dostatečně zesílí, stane se nestabilní a rozpadne se na dvě nebo více menších bublin. Představme si, že původní bublina představuje desetirozměrný vesmír a jedna z menších mýdlových bublin je vesmír, ve kterém žijeme.

Je-li tato teorie správná, fakticky to znamená, že náš vesmír má ještě jeden vesmír „sesterský“. Také z ní plyne, že původní rozštěpení vesmíru bylo tak divoké, že je provázela exploze, označovaná jako velký třesk. Teorie superstrun tedy vysvětluje velký třesk jako vedlejší produkt mnohem mohutnějšího přechodu, rozštěpení původního desetirozměrného vesmíru na dva kusy.

Nemusíte se však obávat rizika, občas barvitě líčeného v science fiction, že jednoho dne půjdete po ulici a najednou se „propadnete“ do toho druhého vícerozměrného vesmíru. Ten se totiž podle teorie superstrun smrškl na nepředstavitelně malý objem (má být 100 krát miliarda krát miliarda krát menší než atomové jádro) a pro lidi je zcela nedostupný. Takže otázka, jak vypadají další dimenze, je čistě akademická. Cestování ve vyšších dimenzích bylo tedy možné jen na samém počátku, když byl vesmír desetirozměrný a plavba napříč dimenzemi byla ještě proveditelná.

Temná hmota

Kromě dalších prostorových dimenzí autoři science fiction někdy koření své romány „temnou hmotou“, hmotou s podivuhodnými vlastnostmi, odlišnými od vlastností hmoty kolem nás. Existence temné hmoty se předpovídala již dříve, pohled na oblohu pomocí teleskopů a dalších přístrojů však na hvězdách odhaloval tytéž chemické prvky jako na Zemi,

nic jiného. I o těch nejvzdálenějších hvězdách se zjišťovalo, že jsou z obyčejného vodíku, helia, kyslíku, uhlíku atd. Na jedné straně to bylo uklidňující – mohli jsme si říkat, že kdyby se nám podařilo vycestovat do vesmíru, nesetkali bychom se s ničím, co neznáme ze Země. Na druhé straně bylo trochu zklamáním, že nás ve vzdáleném prostoru nečeká žádné velké překvapení.

Superstrunový obraz světa sem možná přináší změnu, protože proces štěpení desetirozměrného vesmíru na vesmíry menší pravděpodobně stvořil novou formu hmoty. Tato temná hmota nese určitou energii, tak jako každá forma hmoty, je však neviditelná, odtud její jméno. Je i bez chuti a bez zápachu, ani nejcitlivější přístroje neumějí prokázat její přítomnost. Kdybyste mohli uchopit kousek temné hmoty do ruky, cítili byste její váhu, jinak nic, a nic byste na ruce neviděli. Její gravitační přitažlivost je opravdu to jediné, pomocí čeho ji lze detekovat – jinak s ostatními formami hmoty neinteraguje.

Temná hmota však může vyřešit jednu z kosmologických hádanek. Je-li ve vesmíru dostatek hmoty, pak její vzájemná přitažlivost může její rozpínání zbrzdit časem natolik, že se nakonec změní v kolaps, opětné smršťování. Když však astronomové oceňovali množství hmoty, která je ve vesmíru vidět, došli k závěru, že hvězdy a galaxie jí neobsahují dost, aby se mohla expanze změnit v hroucení. Na druhé straně ovšem jiné výpočty založené na studiu červeného posunu a svítivosti hvězd naznačovaly, že by ke kolapsu dojít mohlo. Říká se tomu „problém chybějící hmoty“.

Je-li teorie superstrun správná, pak skýtá výklad, proč astronomové nevidí „temnou hmotu“ ve svých teleskopech a spektroskopických přístrojích. Přitom podle ní může temná hmota ve vesmíru dominovat, je jí zřejmě více než hmoty obyčejné. V tomto smyslu tedy teorie superstrun vysvětluje nejen to, co se stalo před velkým třeskem, ale něco říká i o smrti vesmíru.

Každá teorie, která přichází s tak revolučními myšlenkami, jako je nahradit bodové částice strunami a čtyřrozměrný vesmír desetiřozměrným, vyvolá samozřejmě skeptickou reakci. Teorie superstrun otevřela nové obzory matematice, které překvapují i samotné matematiky, a vzrušuje fyziky na celém světě, může však trvat desetiletí, než se matematický aparát rozvine tak, aby umožnil učinit jednoznačné závěry o jejich důsledcích, a provede se rozhodný test její správnosti. Do té doby, než bude existovat její neoddiskutovatelný experimentální důkaz, bude dost prostoru pro skeptiky, kteří ji budou kritizovat přes její krásu, eleganci a jednoznačnost.

„Léta intenzivního úsilí desítek těch nejlepších a nejbys-třejších vědců nepřinesla jedinou ověřitelnou předpověď a nedá se očekávat, že by k tomu v blízké budoucnosti došlo,“ stěžoval se harvardský fyzik Sheldon Glashow.⁴

Světověznámý holandský fyzik Gerard 't Hooft šel ve své přednášce v Argonne National Laboratory u Chicaga tak daleko, že přirovnal fanfáry kolem teorie superstrun k programům komerční televize – spousta reklamy a málo skutečného obsahu.

V podobném duchu dal obecné varování na adresu pátrání po jednotné teorii čtyř sil princetonský fyzik Freeman Dyson: „Základy fyziky jsou pěkně zanesené mrtvolami sjednocených teorií.“

Zastánci superstrun však namítají, že i když rozhodující experiment, který by teorii potvrdil, lze očekávat možná až v daleké budoucnosti, žádný z dnešních experimentů teorii neodporuje. Tím se nemůže chlubit žádná jiná teorie.

Teorie skutečně nemá soupeře – není známá žádná jiná cesta, jak manželstvím konzistentně spojit kvantovou a relativistickou fyziku. Někteří fyzikové jsou skeptičtí k pokusům o vybudování jednotné teorie proto, že jich v minulosti už tolik ztroskotalo, ale jejich nezdar pramenil právě

z toho, že neuměly sloučit kvantovou teorii s gravitací. Zdá se však, že právě zde má teorie superstrun úspěch, netrpí nemocí, jež zabila její předchůdce. Právě proto je teorie superstrun nejslibnějším kandidátem pro skutečné sjednocení všech sil.

SSC – největší vědecký přístroj v historii

Pokroky v teorii sjednocení při popisu slabé, elektromagnetické, silné a možná i gravitační interakce vyvolaly ve fyzikálním světě snahu iniciovat stavbu mocného experimentálního zařízení, které by mohlo testovat některé aspekty příslušných teorií. Tyto teorie nejsou výplodem nějakého fantazírování, nýbrž předmětem soustředěného mezinárodního zájmu.

V průběhu osmdesátých let brala vláda USA za své úsilí o vybudování obřího „rozbíječe atomů“, urychlovače částic, který by mohl zkoumat hlubiny atomového jádra, a byla ochotná na to utratit miliardy dolarů. Toto zařízení, známé jako Superconducting Super Collider (SSC), supravodivý superurychlovač vstříčných svazků částic, mohlo být největším vědeckým zařízením v historii postaveným, v roce 1993 však byl program zrušen.

Prvotním úkolem SSC mělo být hledat nové interakce a testovat předpovědi některých sjednocených teorií, především teorie elektroslabé interakce, případně i teorie velkého sjednocení (GUT) a superstrun. Měl se soustředit na různé aspekty vysněné teorie supersjednocení. Zařízení by konzumovalo tolik energie, kolik je třeba k zásobování velkého města, kterou by spotřebovávalo na urychlování částic k energiím bilionů elektronvoltů. Urychlené částice by pak rozbíjely částice jiné. Fyzikové doufali, že hluboko v nitru atomových jader jsou uzamčena klíčová data potřebná k ověření těchto teorií.

Ale ani SSC, který by dominoval experimentální fyzice vysokých energií během jednadvacátého století, by nedisponoval dostatečnou energií, potřebnou k ověření GUT, tím méně k ověření ambicióznější teorie superstrun, která sjednocuje všechny známé síly. Plné ověření těchto teorií by vyžadovalo ještě mnohem větší zařízení než SSC. Ale SSC by byl už schopen zkoumat periférii těchto teorií a tak případně ověřit nepřímě některé jejich předpovědi.

Experimentální ověření těchto teorií, právě proto, že by vyžadovalo obrovské energie, možná nakonec přijde z kosmologie, ze studia počátku vesmíru. S energetickými škálami, na kterých celá superunifikace nastává, se totiž setkáme právě jen na samém počátku vesmíru. V tomto smyslu rozluštění hádanky sjednocení všech sil může zároveň rozřešit i otázku původu vesmíru.

To však v našem příběhu až příliš předbýváme. Než se začne stavět dům, musí se položit základy a tak je tomu i ve fyzice. Než budeme moci zkoumat detaily toho, jakým způsobem teorie superstrun sjednocuje všechny síly, musíme nejprve zodpovědět základní otázky jako: Co je to relativita? Co je to hmota? Kde vznikla myšlenka unifikace? A na tyto otázky se soustředí následující dvě kapitoly.