

## TEÓRIA VŠETKÉHO: FYZIKÁLNA ONTOLÓGIA?

Milan PETRÁŠ

V ostatných dvadsiatich rokoch sa vo svetovej vedeckej literatúre objavilo niekoľko štúdií, ale i monografií (pozri napr. V. S. Barašenkov: Suščestvujut li granicy nauki. Moskva 1982, J. D. Barrow: Theories of Everything. Oxford 1991), ktoré zo všeobecnejšieho aspektu hodnotia fundamentálne teórie súčasnej fyziky a kozmológie (teória relativiry, kvantová teória, teória elementárnych častíc) a ich postavenie a prínos pre budovanie súčasného vedeckého obrazu sveta. Mnohé z týchto prác naznačujú, že fyzika a kozmológia už spejú k poznaniu podstaty nášho vesmíru a všetkých jeho fundamentálnych zákonov. Tým sa vytvárajú predpoklady pre konštrukciu „absolútnej“ vedeckej teórie o našom svete, ktorú niektorí fyzici a kozmológovia nazývajú „teória všetkého“. Má to byť teória, ktorá bude úplnou a vyčerpávajúcou pravdou o súcne – „fyzikálna ontológia“ ako fyzikálna nauka o bytí.

Pretože ide o veľmi aktuálnu problematiku, ktorá sa objavuje sporadicky aj na medzinárodných vedeckých podujatiach a bytostne sa dotýka i filozofie, uverejňujeme ako úvod do dialógu medzi filozofiou, fyzikou a kozmológiou dva príspevky – teoretického fyzika a filozofa, ktoré sa snažia formulovať podstatu takej teórie ako i problémy súvisiace s jej konštrukciou. Očakávame, že do dialógu sa vzhľadom na závažnosť témy zapojí širší okruh filozofov, logikov a metodológov vedy ako aj matematikov, fyzikov a astronómov.

*Redakcia*

Situácia, ktorá sa vytvorila v oblasti fyziky elementárnych častíc v posledných dvadsiatich – tridsiatich rokoch je osobitná tým, že sa vymyká jednoznačnej charakterizácii z hľadiska Kuhnovej teórie vývoja vedy. Po prijatí novej paradigmy v podobe štandardného modelu elektroslabých a silných interakcií, na začiatku 70-tych rokov by sa na jednej strane zdalo, že v súčasnosti prežívame obdobie tzv. normálnej vedy, v ktorom sa upevňujú nové teoretické koncepcie, zhromažďujú nové experimentálne dáta a riešia „hlavolamy“. Výsledky nových experimentov neustále potvrdzujú teoretické predpovede. Všetky úsilia objaviť „novú fyziku“, t.j. zistiť rozpor medzi teóriou a experimentom sú neúspešné. Na druhej strane fyzici, paradoxne, nie sú s týmto stavom spokojní. Teória, hoci doposiaľ obstála vo všetkých experimentálnych testoch, neuspokojuje z hľadiska logickej dokonalosti. Hoci jej, pochopiteľne, nemožno vyčítať logickú inkonzistentnosť, má zjavné znaky provizória a fenomenologické rysy, ktoré spočívajú

v tom, že nevie dať odpoveď na niektoré otázky. Medzi ne patrí napr. otázka odkiaľ sa berú konštanty teórie, akými sú hmotnosti častíc a väzbové konštanty interakcií, aký je pôvod troch generácií leptónov a kvarkov, prečo sú grupy SU(3), SU(2) a U(1), kalibračné, prečo je teória chirálna a pod.

Tento stav, hoci ho nemožno pokladať za krízu v zmysle Kuhnovej teórie, sa v súčasnosti pociťuje čoraz ostrejšie ako nedostatok teórie, ako defekt platnej paradigmy a interpretuje sa ako príznak toho, že za teóriou mikrosveta, štandardným modelom elektroslabých a silných interakcií, je ešte nejaká fundamentálnejšia vrstva poznania, podobne, ako za termodynamikou leží štatistická fyzika. I tak, hoci nejde o kuhnovskú krízu, súčasný stav nemožno označiť za normálny a možno ho charakterizovať ako koncepcnú krízu. Je to dôsledok skutočnosti, že v uplynulých rokoch sme zaznamenali zmenu ideálu fyzikálnej teórie, zmenili sa naše predstavy o tom, ako má vyzeráť dokonalá teória, aké kritériá má spĺňať. Pravdaže, sú to najmä teórie z oblasti fyziky elementárnych častíc a kozmológie, ktoré sa vzťahujú na fundamentálne zákonitosti hmoty a vesmíru. Ideálom sa stáva teória, ktorá podáva úplný popis mikrokozmu a makrokozmu. Taká teória, pre ktorú sa ujalo pomenovanie „teória všetkého“, má poskytovať nielen dynamický popis elementárnych častíc a ich správanie pri ľubovoľne vysokých energiách, vrátane vývoja v prvých štádiách po „veľkom tresku“, ale zodpovedať aj také otázky, ktoré si doterajšia teória ani nekládla. Sú to otázky o pôvode bezrozmerných konštánt fyziky elementárnych častíc a ďalšie, ktoré sme formulovali vyššie. Kým ešte donedávna sa úloha teórie redukovala v podstate na predikciu výsledkov experimentu, dnes sú nároky na teóriu oveľa vyššie: požadujeme, aby teória zodpovedala všetky relevantné otázky, ktoré sa vzťahujú na daný objekt.

Prelom v nazeraní na funkciu teórie vo vedeckom poznaní v oblasti fyziky elementárnych častíc spôsobili dve príčiny. Za prvú možno pokladať úspechy, ktoré veda dosiahla v poznávaní mikrosveta a makrosveta v ostatnom období. Progres, ktorý na tomto poli dosiahla, je taký prenikavý, že sa dá porovnať s najväčšími vedeckými revolúciami v minulosti. Bol prijatý už spomenutý štandardný model, ktorý umožňuje exaktne popísať mikrosvet na vzdialenostiach rádu  $10^{-16}$  cm. Na druhej strane škály štandardný kozmologický model poskytuje detailnú históriu vesmíru, ktorá začína niekedy pred 15 miliardami rokov. Pred ľudstvom sa zrazu objavila perspektíva, že v priebehu nie veľmi vzdialenej budúcnosti budeme poznať všetky základné zákony sveta, niekoľko fundamentálnych princípov, ktoré riadia všetky procesy vo vesmíre, počínajúc gigantickým výbuchom na počiatku až po činnosť najvýkonnejšieho počítača v súčasnosti. Po zistení, že svet je konečný tak po stránke priestorových rozmerov a času, ako i po stránke základných stavebných kameňov hmoty, je táto perspektíva celkom reálna. Konečný systém je poznateľný v konečnom čase, či už ide o stroj, ľudský organizmus, alebo vesmír. Nastáva obdobie, ako tvrdia niektorí experti, keď sa dovŕšuje základné poznanie sveta ako celku.

Druhá príčina, ktorá spôsobila, že dnes požadujeme, aby teória plnila nielen deskriptívnu, ale aj explanačnú funkciu, je skutočnosť, že teórie typu teórie všetkého

v skutočnosti už existujú. Hoci by sa to na prvý pohľad mohlo zdať prekvapujúce, touto vlastnosťou sa vyznačuje špeciálna teória relativity a kvantová teória. Aby sme veci vyjasnili, položíme si najprv otázku, čo znamená tvrdenie, že teória poskytuje pravdivý a úplný popis danej skutočnosti. Odpoveď nie je ťažká, keď si uvedomíme, že svet je trojrozmerný, pričom v tejto súvislosti nemáme na mysli jeho tri priestorové rozmery, ale tri druhy rozličných fyzikálnych veličín, ktoré sa vo fyzike určujú ako základné. Spravidla je to dĺžka, čas a hmotnosť, ale principiálne by sme mohli vybrať aj ich kombinácie v podobe súčinov a podielov. Ukazuje sa, že príroda uprednostňuje celkom určitý systém základných veličín, menovite dĺžku, rýchlosť a účinok. Ako vieme, rýchlosť je podiel dĺžky a času, účinok je súčin hmotnosti, rýchlosti a dĺžky. Nech vyberieme tento systém akokoľvek, musia to byť tri nezávislé veličiny, v tomto zmysle je svet trojrozmerný. Poznať svet pravdivo a úplne znamená poznať ho pre ľubovoľné hodnoty fyzikálnych veličín, t.j. poznať fyzikálne zákony pre ľubovoľné hodnoty základných veličín. Teória relativity a kvantová teória poskytujú presný a úplný popis prírody pre ľubovoľné hodnoty rýchlostí pohybujúcich sa častíc, resp. pre ľubovoľné hodnoty účinku, ktorý charakterizuje uvažovaný systém. Obe teórie boli nespočetne krát experimentálne overené, preto nemáme dôvod pochybovať o ich správnosti. Okrem toho sú to teórie úplne nielen v tom zmysle, že platia pre ľubovoľné rýchlosti a účinky, ale aj v tom, že neobsahujú bezrozmerné konštanty, ktoré by sa nedali vypočítať. Obsahujú len fundamentálne konštanty, a to rýchlosť svetla vo vákuu a Planckovu konštantu, tie však určujú len škálu na osi rýchlosti a účinku, čo rozhoduje o tom, nakoľko sú relativistické, resp. kvantové efekty významné. K ďalším vlastnostiam týchto teórií patrí aj jednoduchosť východiskových princípov, ako aj skutočnosť, že sú v istom zmysle uzavreté, t.j. nedajú sa modifikovať bez narušenia ich celistvosti. Teraz je zrejme, čo vlastne chýba do utvorenia úplnej fyzikálnej teórie, do teórie všetkého: chýba teória, ktorá by sa vzťahovala na všetky dĺžky, od najväčších, kozmických, až po najkratšie vo svete elementárnych častíc, pričom by bola v súlade s teóriou relativity a kvantovou teóriou. Fyzici usudzujú, že škálu na osi dĺžky by mala udávať konštanta, nazývaná Planckovou dĺžkou, ktorá má hodnotu asi  $10^{-33}$ cm. Ak je to skutočne dĺžka, pri ktorej by mali byť významné efekty hľadanej novej teórie, potom nádej, že by sa takú teóriu podarilo sformulovať v dohľadnom čase, je na prvý pohľad mizivo malá. Taký záver evokuje porovnanie Planckovej dĺžky s najkratšou dĺžkou dosažiteľnou v súčasných experimentoch na úrovni  $10^{-16}$ cm. Rozdiel 17 rádov vyvoláva dojem prakticky neprekonateľnej bariery.

Ako však potvrdzuje skúsenosť získaná pri zrode teórie relativity a kvantovej teórie, situácia nie je taká beznádejná. Možno povedať, že obe tieto teórie boli do istej miery „uhádnuté“, alebo, povedané jazykom metodológie vied, vznikli ako výsledok kombinácie empirických a racionálnych metód vedeckého poznania. Racionálna zložka zohrala významnú úlohu i pri konštituovaní štandardného modelu elektroslabých a silných interakcií a zrejme ju zohrá aj pri hľadaní teórie všetkého. Zdrojom nápadov, ktoré sú živnou pôdou uplatňovania racionálnych metód je matematika. Poskytuje abstraktné logické konštrukcie vhodné pre popis fyzikálnej reality. Medzi nimi treba hľadať aj

varianty pre teóriu všetkého. Nebude to však „hľadanie ihly v kope sena“. Fyzici inštinkatívne očakávajú, že v základoch novej teórie bude zabudovaný nejaký jednoduchý princíp, podobne ako, to bolo v prípade teórie relativity a kvantovej teórie. Okrem toho teória musí spĺňať určité selektívne podmienky: musí byť unitárnou teóriou všetkých polí, vrátane gravitačného, musí byť v súlade s relativitou a kvantovou teóriou, nesmie viesť na divergenčné problémy, musí umožniť výpočet všetkých doposiaľ neurčených konštant teórie, v nízkoenergetickej limite musí smerovať k štandardnému modelu elektroslabých a silných interakcií, musí byť v súlade s kozmológiou veľkého tresku a pod.

Podme teraz za fyzikmi, ktorí sa pustili do hľadania teórie všetkého. Pravda vtedy, keď sa to všetko začalo, ich ciele boli menej ambiciózne, nevedomovali si, že nastúpili cestu smerujúcu ku konečnej fyzikálnej teórii. Prvým krokom bola teória, ktorú r. 1974 navrhli Georgi a Glashow a jej cieľom bolo zjednotiť elektroslabé a silné interakcie. Preto aj dostala názov „veľké zjednotenie“. Cieľ bol motivovaný poznaním, že zjednotenie elektromagnetických a slabých interakcií do všeobecnejšej teórie elektroslabých interakcií, čo sa podarilo koncom šesťdesiatych rokov, má širší dosah použiteľnosti. Spomenutí autori sa domnievali, že keď sa pripoja aj silné interakcie, vznikne teória s ešte väčším dosahom aplikovateľnosti. Okrem toho sa právom domnievali, že takým zjednotením sa zníži počet neurčitých konštant, čím sa zmierni fenomenologický charakter teórie. Pri zjednocovaní polí sa totiž častice príbuzných vlastností grupujú do istých skupín, multipletov, čo vedie na vzťahy medzi hmotnosťami týchto častíc, ako aj väzbovými konštantami pre interakciu s kalibračnými poľami. Z arzenálu matematických konštrukcií zvolili grupu  $SU(5)$  ako kalibračnú grupu zjednotenej teórie, pretože pri nízkych energiách to vedie na kalibračnú grupu platného štandardného modelu:  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ . Podľa ich odhadu nová teória mala platiť až do vzdialenosti rádu  $10^{-30}$  cm, čo nie je veľmi vzdialené od Planckovej dĺžky  $10^{-33}$  cm.

Georgiho-Glashowova teória veľkého zjednotenia neobstála v konfrontácii s experimentom. Kým niektoré predpovede približne súhlasili s nameranými dátami (napr.  $\sin^2\theta_w = 0,21$ ,  $m_b = 3m_t$ ,  $m_s = 4m_\mu$ ), iné sa príkro odlišovali, napr. doba života protónu mala teoretickú hodnotu  $10^{29}$  rokov, kým experimentálna je viac ako  $10^{32}$  rokov.

Za týchto okolností teoretickí fyzici hľadali na kalibračnú grupu pre veľké zjednotenie iného kandidáta. Spomedzi veľkého počtu možností, ktoré ponúka Cartanová klasifikácia Lieových grúp vybrali ako ďalšiu zaujímavú možnosť grupu  $SO(10)$ . Možno pre ňu odvodiť analogické dôsledky ako pre  $SU(5)$ , vrátane čiastočného súhlasu s experimentmi zhruba na tej istej úrovni. Tým sa vyčerpali možnosti na ceste k teórii všetkého v smere, ktorý naznačila grupa  $SU(5)$ .

Ďalší pokrok vyžadoval nové podnety. Tie na seba nedali dlho čakať a prišli, možno povedať, z nečakanej strany. Začiatkom 70-tych rokov začali teoretici čisto špekulatívne uvažovať o novom type symetrie, tzv. supersymetrii, čo je symetria medzi bozónmi a fermiónmi. Pri zvyčajnom type symetrie transformácia mieša osobitne komponenty vlnovej funkcie bozónov a osobitne fermiónov. Pri supersymetrii sa miešajú fermiónové

komponenty s bozónovými. Na prvý pohľad by sa zdalo, že supersymetria nie je možná už len napr. z toho dôvodu, že bozóny a fermióny podliehajú odlišným štatistikám. Podrobnejší rozbor ukazuje, že idea supersymetrie nevedie na inkonzistentnosti a špeciálne je v súlade i s rozdielnymi štatistikami pre fermióny a bozóny. Naopak, supersymetria možno interpretovať ako isté dosť prirodzené zovšeobecnenie Poincaréovej symetrie.

Problém je však v tom, že v prírode supersymetriu nepozorujeme. Keby sa taká symetria realizovala, musela by každá častica mať svojho superpartnera s rovnakou hmotnosťou a ďalšími charakteristikami s výnimkou spinu, ktorý by sa mal líšiť o  $1/2$ .

Nijakí supersymetrickí partneri častíc sa však nepozorovali, čo sa môže vysvetliť tým, že supersymetria existuje pri vysokých energiách a pri nízkych sa naruša. Preto supersymetrickí partneri majú veľké hmotnosti a predbežne unikajú pozorovaniu.

Napriek tomuto nedostatku teoretici si zamilovali supersymetriu, pretože rieši akútny problém kvantovej teórie poľa. Je to nestabilitosť hmotnosti skalárnych častíc voči radiačným korekciám, ktoré divergujú kvadraticky, kým radiačné hmotnosti ostatných častíc divergujú len logaritmicky. V dôsledku toho by Higgsova častica nemohla mať hmotnosť porovnateľnú s hmotnosťou Z-bozónu, ako sa predpokladá v štandardnom modeli, ale hmotnosť o mnoho rádov väčšiu. Supersymetria odstraňuje tento nedostatok kvantovej teórie poľa, čo teoretici prijali s veľkým uľahčením. Na tomto základe sa odhadla aj hmotnosť najľahších supersymetrických častíc na  $1 \text{ TeV}$ .

Nebolo ťažké vypracovať supersymetrickú verziu štandardného modelu a odtiaľ bol len krok k supersymetrickej verzii veľkého zjednotenia, pričom sa použili osvedčené grupy  $SU(5)$  a  $SO(10)$ . Ukázalo sa, že z hľadiska súhlasu teórie s experimentom supersymetria prispieva ku konsolidácii týchto grúp. Energia, pri ktorej sa obnovuje symetria vzrástla asi na  $10^{16} \text{ GeV}$ . Weinbergov uhol dosiahol experimentálne zistenú hodnotu:  $\sin^2 \theta_w = 0,23$ . Doba života protónu sa uviedla do súladu s experimentom, t.j. presiahla experimentálne zistenú spodnú hranicu. Väzbové konštanty sa tesnejšie približujú spoločnej limite pri energii veľkého zjednotenia  $10^{16} \text{ GeV}$ . Situácia s hmotnosťami sa prakticky nezmenila.

Supersymetrické verzie veľkého zjednotenia prinášajú teda isté zlepšenie celkovej situácie, ale nepredstavujú dramatický zlom v hľadaní teórie všetkého. Obrat nastal až v súvislosti s rozvojom teórie strún. Hneď úvodom treba zdôrazniť, že struny sa objavili na scéne až keď sa vyčerpali možnosti veľkého zjednotenia. Prvýkrát sa vo fyzike vysokých energií použili struny na popísanie hadrónových zrážok, a to potom, čo sa r. 1968 v hadrónovej fyzike udomácnila hypotéza tzv. duality. Nechcem zabíhať do podrobností a obmedzím sa na konštatovanie, že ide o istú symetriu amplitúdy rozptylu voči zámene štvorca energie a štvorca prenesenej hybnosti. Veneziano ešte v tom istom roku našiel jednoduché matematické vyjadrenie amplitúdy, ktorá vyhovuje podmienke duality. Zakrátko iní autori našli analogické formuly pre procesy s produkciou častíc. Zistenie, že tieto tzv. duálne amplitúdy vyplývajú z teórie relativistickej struny patrí

Nambuovi, Nielsenovi a Susskindovi (1970). Na základe toho vznikla predstava, že interakcia a produkcia hadrónov nie je nič iné ako spájanie a trhanie sa strún.

Ďalší vývoj experimentálnej fyziky v oblasti silných interakcií však pochoval dualitu. Pokusy vykonané v SLACu (Stanford Linear Accelerator Center) podnietili vznik partónového modelu hadrónov a neskôr kvantovej chromodynamiky.

Taká bola situácia okolo r.1974. Od strún utiekli prakticky všetci teoretici ku kalibračným teóriam poľa, rozvíjali najmä štandardný model elektroslabých a silných interakcií, ktorý vtedy nadobudol už definitívnu podobu. Struny boli považované v tom čase už za prekonané a bezperspektívne teoretické koncepcie okrem iného aj preto, lebo sa dali matematicky konzistentne formulovať iba v 26- poľažne 10-rozmernom priestoročase, podľa toho či ide o bozóny, alebo o fermióny. Roku 1975 však nastal zásadný obrat, keď Scherk a Schwarz, dvaja z posledných teoretikov, ktorí zostali verní strunám, ukázali, že struny sú vhodné aj na popisanie gravitačných interakcií. Poukázali osobitne na to, že bezhmotnostná častica so spinom 2, ktorá sa nachádza v spektre strún, má takú istú interakciu s hmotou ako gravitón. To ich priviedlo k reinterpretácii strún ako elementárnych častíc a nie hadrónov, z ktorých sa medzitým stali viazané stavy kvarkov. Lineárne rozmery strún sa tým zmenšili z  $10^{-13}$ cm na  $10^{-33}$ cm, t.j. Planckovu dĺžku. Možno povedať, že Scherk a Schwarz touto reinterpretáciou postavili teóriu strún z hlavy na nohy. To, čo sa predtým javilo ako nepochopiteľné, zrazu sa stalo prirodzeným. Bezhmotnostné častice so spinom 1, ktoré sa v teórii hadrónov nedali interpretovať, podobne ako už uvedené častice so spinom 2, sa teraz stávajú kvantami kalibračných polí štandardného modelu. Nadbytočné rozmery sa uvádzajú do súvisu s Kaluzovou-Kleinovou teóriou poľa, v ktorej 5-rozmerný priestoročas sa redukuje na 4-rozmerný kompakifikáciou piatej súradnice, jej uzavretím samej do seba. Kaluzova-Kleinova teória bola navrhnutá ešte r.1921 a rozvinutá o päť rokov neskôr ako zjednotenie gravitácie a elektromagnetizmu, pričom toto zjednotenie možno hodnotiť ako isté zovšeobecnenie gravitácie.

Na teóriu strún sa od r. 1975 začali fyzici pozerat' aj ako na zjednotenie gravitácie so všetkými ostatnými poľami, a teda ako na isté zovšeobecnenie gravitačnej teórie. Teória gravitácie je v podstate teóriou priestoročasu a v rámci nej sa predpoklad o kompaktifikácii nadbytočných rozmerov nejaví ako neprirodený. Touto reinterpretáciou teórie strún sa dostal aj problém kvantovania gravitačného poľa odrazu do inej polohy. Problém, ktorý sa predtým zdal byť neriešiteľný, lebo sa nevedelo ako sa vyporiadať s otázkou renormalizovateľnosti, prestal byť principiálnym problémom a stal sa otázkou technickej rutiny. V teórii strún radiačné korekcie nevedú na divergentné integrály, preto ani radiačné korekcie v gravitačných interakciách ju neodsúvajú medzi bezcenné, nerenormalizovateľné teórie. Poznamenajme ešte, že zahrnutie častíc s polocelým spinom do teórie strún automaticky vedie na symetriu medzi bozónmi a fermiónmi, t.j supersymetriu. Preto také struny nazývame superstrunami.

Položme si teraz základnú otázku, prečo sa so superstrunami spájajú nádeje na vytvorenie teórie všetkého. Dôvod sa dá pochopiť aj bez toho, aby sme sa oboznámili s detailmi dynamiky struny.

1. Kým v kvantovej teórii poľa je možných mnoho typov interakcií, v teórii superstrún je možný len jeden typ, a to trhanie struny a časovo inverzný proces spájania strún. Ak je struna uzavretá, najskôr sa stiahne do tvaru osmičky a potom sa roztrhne, resp. pri časovo obrátenom procese sa dve struny spoja do osmičky a tá sa následne roztrhne do krúžku. Také procesy predstavujú emisiu a absorpciu častice, čo sú základné procesy, z ktorých vzniká interakcia.

2. Lagrangian struny obsahuje len jednu nezávislú konštantu, a tou je napätie struny  $= (10^{18} \text{ GeV})^2$ . Hodnoty väzbových konštant tak pre kalibračné ako aj yukawovské interakcie sa generujú ako stredné vákuové hodnoty istých skalárnych polí, zvaných moduly. Preto, keby sme poznali exaktné riešenie rovníc teórie, boli by sme schopní určiť numerické hodnoty všetkých väzbových konštant, vrátane hmotností.

Čo teda teoretickým fyzikom zabraňuje, aby uskutočnili tento program a vypočítali všetky fenomenologické konštanty? Dôvodom je skutočnosť, že teória ešte nie je jednoznačne určená, pretože nie je určená kalibračná grupa, spôsob kompaktifikácie nadbytočných rozmerov a tiež mechanizmus spontánneho narušenia supersymetrie a kalibračnej grupy.

Asi pred desiatimi rokmi sa zdalo, že skompletizovanie teórie nebude nijakým osobitným problémom. Napríklad kalibračná grupa sa vyberie s podmienkou, aby sa zrušili tzv. anomálie, čo sú narušenia klasických symetrií v kvantovej teórii. Zdalo sa, že teória všetkého je na dosah ruky, medzi teoretikmi zavládla eufória, na seminároch sa o novej teórii horúčkovite diskutovalo, každý chcel byť svedkom zrodu tej teórie, ktorá mala byť posledným a definitívnym slovom teoretickej fyziky.

Potom sa zistilo, že veci nie sú až také jednoduché, ako sa na prvý pohľad zdali. Teória všetkého sa fyzikom ukázala na krátku chvíľku a potom sa opäť stratila z dohľadu. Poznamenajme, že sa vlastne opakovala história, pretože v minulosti už boli obdobia, keď sa zdalo, že teoretická fyzika je na stope fundamentálnych zákonov sveta. Prvýkrát to bolo r. 1956, keď Heisenberg navrhol svoju „svetovú formulu“, teóriu univerzálneho poľa, excitáciami ktorého mali byť všetky pozorované elementárne častice. Druhýkrát v 60-tych rokoch v súvislosti s tzv. teóriou bootstrapu, autorom ktorej bol Chew. Zdalo sa, že prinajmenšom pre hadróny možno vypracovať teóriu všetkého. Základná idea bootstrapu je jednoduchá: hadróny sa neskladajú z elementárnejších stavebných kameňov, ale samé zo seba. V kombinácii s disperznými vzťahmi a unitaritou to malo utvárať úplnú teóriu hadrónov. Tento program sa nepodarilo splniť, hoci prvé čiastkové výsledky boli povzbudzujúce. Do tretice v súčasnosti sa teoretici pokúšajú vypracovať teóriu všetkého pomocou superstrún. Prvé výsledky sú tiež sľubné, ale definitívna teória sa zatiaľ stratila v nedohľadne.

Je to ako v rozprávke o Popoluške, ktorá sa trikrát objavila na plese v zámku a opäť zmizla, ale princ unesený jej krásou vyslal svojich ľudí aby ju hľadali. Na popredných

svetových teoretických pracoviskách sa na teórii superstrún systematicky pracuje, žiaľ, zatiaľ toto úsilie nebolo korunované úspechom. Žiadna teória nedáva v nízkoenergetickej limite bez zvyšku štandardný model silných a elektroslabých interakcií. Črievička tohto modelu sa zatiaľ nedá navliecť na žiadnu nôžku, odvodenú zo superstruny. Keby sa to fyzikom raz podarilo, bol by to absolútny triumf ľudského ducha. Človek by poznal úplnú a vyčerpávajúcu pravdu o súcne. Vzniklo by niečo, čo by bolo možné nazvať fyzikálnou ontológiou, fyzikálnou náukou o bytí. Teória všetkého, pokiaľ by sa splnili terajšie očakávania, by dávala odpoveď na otázky, ktoré si kedysi kládli filozofi o podstate sveta, o substancii, o bytí.

Počínajúc gréckymi filozofmi až do našich čias sa pýtali aká je prapodstat toho, čo existuje. Spomeňme si na Empedoklove štyri živly, Demokritove atómy, Platónove idey, na spory stredovekých filozofov o realizme a nominalizme, na Leibnitzove monády a Spinozovu panteistickú substanciu. To je výpočet len niekoľkých najznámejších špekulatívnych ontológií minulosti.

Novoveká klasická filozofia, ktorá vyvrcholila v Nemecku, už nadväzovala na výsledky prírodných vied. Kant vo svojej kozmogonickej hypotéze využil poznatky Newtonovej mechaniky, aby sa pokúsil vysvetliť vznik slnecnej sústavy a stavbu vesmíru. Schelling najviac podľahol neodolateľnému nutkaniu hľadať filozofické zovšeobecnenia rozvíjajúcej sa novej prírodovedy a konštruoval systémy, ktoré dnes voláme naturfilozofiou. V čase, keď žil, podmienky ešte neboli zrelé na také zovšeobecnenie, lebo prírodoveda bola v počiatkoch. Preto jeho špekulatívne koncepcie sa nestretli s pochopením súčasníkov.

Pozoruhodnú ontológiu vytvoril Hegel. Jej základom je téza, že čo je rozumné je skutočné a čo je skutočné je rozumné. Táto téza výstižne charakterizuje aj dnešný pohľad z hľadiska teórie všetkého na podstatu bytia. I keď dnes ešte nevieme povedať ako bude vyzeráť definitívna podoba teórie všetkého, ba ani to nie, či vôbec vznikne, predsa na základe toho, čo už vieme môžeme usudzovať, že to bude pravdepodobne svojho druhu jediná logicky konzistentná teória.

Už v období, keď sa bootstrap uchádzal o priazeň teoretikov sme si uvedomovali jeho spojitosť s Heglovou tézou. Tým skôr dnes, keď o úlohu teórie všetkého sa uchádza teória superstrún, sa presviedčame s akou jasnozrivou intuíciou vedel Hegel vystihnúť podstatu problému bytia a predstihnúť dobu o 200 rokov. Domnievam sa, že súčasnosť poskytuje Heglovej ontológii, ako aj ďalším ontologickým koncepciám zadosťučinenie za obdobie, ktoré nasledovalo vo vývoji filozofie, charakterizované nástupom pozitivizmu. Úvahy o podstate bytia sa považovali za metafyziku a odmietali ako nevedecké. Empirická skúsenosť sa pokladala za hlavný, ak nie jediný, zdroj poznania. Dnes, keď fyzikálne poznanie sa stáva nebývale abstraktným, zvyšuje sa v ňom význam racionálnej metódy. Aj vo fyzike vysokých energií sa v ostatnom čase začínajú prejavovať problémy, týkajúce sa perspektív experimentálneho výskumu. Materiálne zdroje ľudstva sú ohraničené a začína sa to odzrkadľovať aj na nedostatočnom krytí stále stúpajúcich nákladov na stavbu experimentálnych zariadení v tejto vednej oblasti.



Na ilustráciu stačí spomenúť zrušenie financovania už rozostavaného urýchľovača SSC (Superconducting Super Collider). Za takých okolností metodológia založená na racionálnom poznaní dostáva v súčasnej fyzike široký priestor nielen preto, že súčasná fyzika je abstraktná, ale aj preto, že vysychá prameň nových experimentálnych poznatkov v oblasti mikrosveta.

Možno je to iba náhoda, ale práve v takej historickej situácii vstupuje na scénu teória všetkého, zatiaľ skôr ako možnosť než ako skutočnosť. Keby sa táto možnosť realizovala a teoretickí fyzici by skutočne „uhádli“ prvotné princípy na ktorých spočíva chod celého „vesmírneho stroja“, nebolo by sa treba obávať o osud výskumu v oblasti základných stavebných kameňov hmoty. Žasli by sme nielen nad tým, že svet je poznateľný, nad čím vyjadril svoj úžas už Einstein, ale aj nad tým, že je poznateľný úplne.

*Univ. prof. Milan Petráš,  
Katedra teoretickej fyziky Matematico-fyzikálnej fakulty UK,  
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava,*