

TEÓRIA STRÚN A FYZIKÁLNY OBRAZ SVETA

JÁN DUBNIČKA, Filozofický ústav SAV, Bratislava

DUBNIČKA, J.: The Theory of Strings and the Physical Picture of the World
FILOZOFIA 63, 2008, No 8, p. 695

The paper deals with a new physical conception of the world as developed in the recent theory of strings. In a brief introduction the author outlines the history of searching for the „corner-stones“ of the reality beginning with ancient conceptions up to the relativity and quantum physics. The latter, however, proved as incomplete and excluding each other. Among the theories trying to unite them into one consistent and non-contradictory conception is the theory of strings. The paper shows its contribution to articulating the new physical conception of the world, as well as the theoretical, philosophical and methodological questions brought about by the theory.

Keywords: Philosophy – Methodology – Relativity – Quantum physics – Gravitation – Strings

Hľadanie základných stavebných „kameňov“ nášho sveta je starou ideou, ktorá sa tiahne celými dejinami filozofického myslenia. V rámci európskej filozofickej tradície ju môžeme sledovať už od starých Grékov, ktorí sa snažili v rámci svojho obrazu sveta hľadať jej riešenie. Výsledkom bola koncepcia, ktorá sa v dejinách označuje ako „koncepcia živlov“. V nej sa za základné stavebné kamene sveta považovali voda, oheň, vzduch, zem, apeirón, t. j. pralátka, éter atď. Dôležitou vlastnosťou týchto „stavebných kameňov“ reality bola schopnosť ich delenia donekonečna.

V ďalšom období vývoja antickej filozofie boli vypracované ďalšie dve koncepcie: pytagorejsko-platónska a atomistická. Prvá redukovala základné „stavebné kamene“ sveta na číslo, v danom období na známe racionálne čísla. Platón Pytagorovu ideu transformoval, podstatne doplnil a za základné „stavebné kamene“ považoval pravouhlé trojuholníky. Podľa Platóna aj malé prvky živlov sú vytvárané množinou takých trojuholníkov, pričom každému živlu odpovedá ich vlastná kombinácia. Platón teda za základné „stavebné kamene“ sveta považoval pravouhlé trojuholníky, a tak po prvýkrát predstavil matematicko-priestorový model „základných kameňov“ sveta, ktoré môžeme v určitom zmysle považovať za organizovaný priestor. Druhou koncepciou, ktorá sa snaží riešiť ideu základných „stavebných kameňov“ sveta, je antický atomizmus: Leukipos, Demokritos, Epikuros. V tejto koncepcii základnými „stavebnými kameňmi“ sveta sú atómy, ktoré sú konečnými entitami, ďalej už nedeliteľnými. Každý atóm má svoju hmotnosť a zaujíma určitý objem v priestore. Rozmanitosť vecí a javov vo svete je určovaná rozmanitosťou vlastností a vzájomných vzťahov medzi atómami ([8], [11]). Tieto koncepcie boli síce v období antiky rozvíjané a zdokonaľované, ale antickí filozofi nedokázali spomedzi nich vybrať tú adekvátnu, ktorá by prezentovala skutočný obraz sveta. Ich predvedecký obraz sveta bol ohraničený predovšetkým vtedajšou historickou úrovňou poznania, ako aj úrovňou technických prostriedkov.

Obdobie stredoveku v rámci teocentrickej filozofie zatlačilo problém hľadania zá-

kladných „stavebných kameňov“ vesmíru takmer do zabudnutia. Situácia sa zmenila s nástupom novoveku, keď sa tento problém znova dostáva do zorného poľa filozofie, a to predovšetkým zásluhou rozvoja klasickej vedy, zvlášť fyziky. Mnohí autori, napr. Newton, Leibniz, Gassendi, Descartes, Galilei, Sennert, Boyle, Huygens, Diderot atď., sa snažia najmä z metafyzického pohľadu postulovať také konečné entity, z ktorých ako zo základných a ďalej nedeliteľných „stavebných kameňov“ je skonštruovaný celý svet.¹ Ale až do 19. storočia nebolo nádeje nájsť konkrétne, empiricky overiteľné súcna, ktoré by viedli k riešeniu tohto starého problému. Môžeme konštatovať, že ani antická, ani novoveká filozofia v období klasickej vedy problém základných „stavebných kameňov“ nemohli vyriešiť, a to pre „nedostatok empirického materiálu, v dôsledku nerozvinutosti metodológie výskumov, ako aj nerozvinutosti teoretického aparátu“ ([11], 143).

Situácia sa zmenila, keď sa človeku podarilo preniknúť hlbšie do štruktúry hmoty a formulovať koncom 19. storočia prvú vedeckú fyzikálnu koncepciu – koncepciu atómu. Formuje sa nový fyzikálny obraz sveta, podľa ktorého v základoch ľubovoľného reálneho objektu (látkového) sa nachádzajú zložité štruktúry, molekuly, ktoré sú zložené z prvotných, nedeliteľných základných „stavebných kameňov“, chemických prvkov – atómov. Atómy sú charakterizované určitými rozmermi a určitou hmotnosťou, ktorými sa navzájom odlišujú.² Ale ako ukázal vývin vedeckého poznania na začiatku 20. storočia, tento obraz nebol adekvátny. Mnohé empirické fakty ukazovali, že samotné základné „stavebné kamene“ reality, atómy, sú zložité štruktúry. Ak k tomu prirátame nové objavy v rámci elektrodynamiky, bolo potrebné zmeniť aj chápanie samotného pojmu „hmota“, pretože sa ukázalo, že tento pojem je neredukovateľný na čisto látkové formy, teda formy zložené z konkrétnych molekúl a atómov. (Mnohí predstavitelia špeciálnych vied pod pojmom hmota často rozumejú práve látkové formy hmoty.) Inými slovami, aj filozofia bola nútená prehodnocovať svoj kategoriálny aparát, ak chcela do neho zahrnúť nové objekty, ich kvality a vlastnosti, ktoré nebolo možné explanovať v rámci klasickej vedy. Ide o také kategórie, ako sú *hmota, pohyb, priestor, čas, kauzalita* atď.

Na začiatku 20. storočia ako odpoveď na vzniknutý stav vo vedeckom poznaní boli formulované dve fundamentálne fyzikálne teórie: teória relativity (špeciálna a všeobecná) a kvantová fyzika. Špeciálna teória relativity skúma inerciálne systémy pohybujúce sa rýchlosťami blízkymi rýchlosti svetla a všeobecná teória relativity je jej zovšeobecnením na neinerciálne systémy so silným gravitačným poľom. To znamená, že teória relativity sa stala predovšetkým teóriou megasveta – vesmíru, v ktorom sa prejavuje gravitačné pôsobenie gravitačných mas. Teória relativity, ktorá prostredníctvom Lorentzových transformácií zahrнула do seba aj Newtonovu fyziku, opisuje relatívne adekvátne makrosvet i megasvet.

Naproti tomu kvantová fyzika upriamila svoju pozornosť na mikrosvet, na jeho

¹ Musíme si uvedomiť, že vedecký obraz klasickej vedy, založený na newtonovskej fyzike a jej zákonoch, je vlastne mechanickým obrazom makrosveta, čo sa intenzívne odrážalo aj na vtedajších filozofických koncepciách, ktoré hľadali konečné a nedeliteľné „stavebné kamene“ sveta. Megasvet a mikrosvet neboli vtedajšiemu poznaniu ešte dostupné.

² Molekulárna úroveň sa ukázala ako hranica, prechod do novej, zatiaľ neznámej reality s podstatne odlišnými materiálnymi objektmi, ich vlastnosťami a vzťahmi medzi nimi. Pre túto oblasť bolo treba formulovať úplne novú fyzikálnu teóriu s novými fyzikálnymi zákonmi a s novým matematickým aparátom.

štruktúru, vlastnosti, zákonitosti atď. Kvantová fyzika skúma svet ultramalých rozmerov, teda svet v ktorom sa skúmajú základné „stavebné kamene“ nášho vesmíru. Práve v tejto oblasti získala kvantová fyzika z hľadiska štruktúry hmoty dôležité poznatky týkajúce sa aj štruktúry atómu. V rámci kvantovej fyziky vznikajú nové vedné disciplíny, ako napr. kvantová elektrodynamika, kvantová chromodynamika atď. Formuje sa samostatná disciplína, fyzika elementárnych častíc. Do fyziky sa zavádza pojem „elementárna častica“, ktorá sa považuje za ďalej nedeliteľnú entitu, pričom na rozdiel od atómu sa môže premieňať podľa určitých pravidiel na iné elementárne častice. Zavádza sa klasifikácia týchto častíc, ktorej kritériom sa stáva delenie hmoty na dve základné formy: na látkovú a poľovú. Elementárne častice, ktoré tvoria základné „stavebné kamene“ látky, dostali názov fermióny a elementárne častice, ktoré sú základom poľovej formy hmoty, názov bozóny.³

Fyzikálny obraz sveta, ktorý nám predkladajú teória relativity a kvantová fyzika z aspektu jeho štruktúry môžeme predstaviť nasledovne: Základnými „stavebnými kameňmi“, z ktorých je vybudovaný náš vesmír sú kvarky, leptóny a častice, ktoré zabezpečujú štyri základné interakcie: silnú, slabú, elektromagnetickú a gravitačnú. Štruktúru látkovej formy hmoty tvoria: a) kvarky prvej dvojice: *u* a *d*; tie vytvárajú štruktúru atómového jadra vo forme protónov a neutrónov. Protón je tvorený trojicou kvarkov *uud* a neutrón trojicou kvarkov *udd*. Jadro atómu je udržiavané v kompaktnej forme silnou jadrovou interakciou, ktorú zabezpečujú gluóny; b) leptóny – elektróny, ktoré tvoria vonkajší obal jadra a sú viazané s jadrom elektromagnetickou interakciou zabezpečovanou fotónmi. Rozličné druhy atómov sa navzájom líšia počtom protónov a neutrónov v jadre a počtom elektrónov v obale.⁴ Chemické prvky na základe chemických väzieb, ktoré zabezpečuje elektromagnetická interakcia, sú schopné samoorganizáciou vytvárať molekulárne systémy, anorganické i organické, ktoré sú základnými štruktúrami makrosвета a megasвета, ako aj základnými formami pohybu hmoty (fyzikálna, chemická, biologická, sociálna). Na základe fyzikálnej a chemickej formy pohybu hmoty a gravitačnej interakcie sa vo vesmíre vytvárajú veľmi hmotné a priestorovo rozľahlé systémy: planéty, hviezdy, planetárne systémy, galaxie, kopy galaxií, saperkopy galaxií, ktoré vytvárajú štruktúru

³ Na ilustráciu uvedieme najzákladnejšiu klasifikáciu „elementárnych častíc“. Fermióny na základe ich interakcie delíme na leptóny (interagujú slabou alebo elektromagneticky) a hadróny, ktoré interagujú silno. Medzi leptóny zaraďujeme: elektrón – *e*, mezón – μ , leptón – τ , im zodpovedajúce neutrína – $\nu(e^\pm, \mu^\pm, \tau^\pm)$ a antičastice (častice s rovnakými vlastnosťami, ale s opačným nábojom). Hadróny delíme na barióny a mezóny. Barióny sa delia na tri podskupiny: a) nukleóny: neutrón – *n* a protón – *p*, b) hyperóny: $\Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega, \Lambda_c, \dots$, c) bariónové rezonancie: $\Delta, N, \Lambda, \dots, \pi, K, \dots$. Mezóny delíme na: a) mezóny *B*, b) mezóny *D*, c) mezónové rezonancie – $\rho, \omega, \phi, D^*, \dots$. Poslednú skupinu tvoria častice, ktoré sprostredkovávajú základné interakcie. Zaraďujeme sem: a) bozóny – W^\pm, Z^0 (slabá jadrová interakcia), b) fotóny – γ (elektromagnetická interakcia), c) gluóny – *g* (silná jadrová interakcia), d) gravitóny (gravitačná interakcia; zatiaľ len predpovedané ale neobjavené) ([13], 12 – 15). Barióny a mezóny sa skladajú z ešte fundamentálnejších častíc – kvarkov. V súčasnosti bolo objavených šesť typov kvarkov: *d* – down, *u* – up, *s* – side, *c* – charm, *b* – bottom, *t* – top. Samozrejme, existuje aj skupina antikvarkov. Barióny sa skladajú vždy z troch kvarkov a mezóny z páru kvark – antikvark.

⁴ Počet známych chemických prvkov je uvedený v Mendelejovej periodickej sústave prvkov. Doteraz je v nej evidovaných 112 chemických prvkov a na syntéze ďalších sa pracuje v centrách s jadrovými urýchľovačmi, ako je CERN, Dubna, Serpuchov, Terst, Batávia atď. Nedávno bola potvrdená syntéza 116. prvku. Zatiaľ nie je jasné, či je počet chemických prvkov zhora ohraničený. Objavila sa zaujímavá hypotéza, že za transuránovými prvkami, ktoré majú veľmi krátku životnosť, existujú ostrovy stabilných chemických prvkov.

vesmíru ako komplexného dynamického systému. Práve tu sa podstatne prejavuje gravitačná interakcia, ktorá je zabezpečovaná zatiaľ hypotetickou elementárnou časticou – gravitónom.⁵ Takýto obraz vesmíru je dobre podložený empirickým výskumom, ako aj príslušnými vedeckými teóriami s dobre rozpracovaným matematickým formalizmom.

Ale s takýmto fyzikálnym obrazom reality nie sme spokojní. Prečo? Problém môžeme formulovať nasledovne:

1. Všeobecná teória relativity, ktorá nemá kvantový charakter, opisuje gravitáciu v konceptuálnej forme klasickej vedy. Je to teória veľmi veľkého a „hmotného“ sveta alebo, ako konštatuje americký fyzik a kozmológ J. Smolin, „teória priestoru, času a vývoja vesmíru“ ([10], 18). Všeobecná teória relativity však pri konfrontácii so správaním molekúl, atómov a elementárnych častíc, teda s oblasťou mikrosвета, vždy zlyháva.

Kvantová teória úspešne predpovedá vlastnosti a chovanie atómov, elementárnych častíc, ako aj slabej i silnej interakcie (jadrových síl), ktoré pôsobia v jadrách atómov. Poskytuje dobrý základ pre pochopenie molekulárneho, atomárneho a subatomárneho sveta. Nevie si však poradiť napríklad s opisom časopriestoru v týchto oblastiach. Pritom obe teórie, každá zvlášť, boli úspešne experimentálne overené a prinášajú relatívne presné adekvátne výsledky, vysvetľujú mnohé nové procesy a javy, ale každá z nich je vzhľadom na vesmír ako dynamický systém neúplná a ohraničená. Inými slovami, každá opisuje jeho štruktúru, vzťahy, vlastnosti atď. len z aspektu jeho určitej štruktúrnej úrovne.

2. Kvantová teória prostredníctvom empirickej bázy vie relatívne presne určiť (v rámci súčasných technických možností) základné charakteristiky elementárnych častíc: hmotnosť, elektrický náboj, spin, bariónový náboj atď., ale nevie odpovedať na otázku, prečo má elementárna častica práve dané charakteristiky. Inými slovami nevie na základe svojej teórie tieto charakteristiky explanovať. Berie ich ako empirické fakty. Tento problém sa vysvetľuje tým, že v teórii elementárnych častíc základným modelom je bodový model elementárnej častice, čo znamená, že elementárna častica sa interpretuje ako geometrický bod, ako entita nulového rozmeru, pričom všetky jej fyzikálne vlastnosti sú sústredené v nej. Takýto model plne vyhovuje postulátom kvantovej fyziky.⁶ Na druhej strane fyzikálne charakteristiky vystupujú ako jej vonkajšie parametre a nemôžu byť determinované jej vnútornými priestorovými parametrami. Elementárna častica je v takomto modeli vždy bodová, vnútorne neštruktúrovaná a ďalej nedeliteľná.⁷

Tieto a mnohé ďalšie problémy viedli v posledných dvoch desaťročiach 20. storočia k veľmi intenzívnej práci v oblasti kozmológie, kvantovej fyziky a fyziky elementárnych častíc, zameranej na vytvorenie novej teórie, ktorá by bola schopná „jediným jazykom“ opísať náš vesmír ako celostný dynamický systém. Ide o teóriu, ktorá by zmysluplným spôsobom dokázala zjednotiť do novej konzistentnej a vnútorne neprotirečivej teórie všeobecnú teóriu relativity a kvantovú teóriu. Vzniklo mnoho zaujímavých ideí a koncepcií,

⁵ Intenzívne sa rozpracúvajú tzv. teórie veľkého zjednotenia všetkých štyroch interakcií, usilujúce o zjednotenie do jednej superinterakcie, ktorá sa z hľadiska vývoja vesmíru za rozličných podmienok prejavuje vo forme silnej, slabej, elektromagnetickej a gravitačnej interakcie.

⁶ Všetky elementárne častice v rámci bodového modelu častíc vyhovujú princípu korpuskulárnovlnového dualizmu a princípu neurčitosti.

⁷ Koncepcia bodovosti a bezrozmernosti elementárnej častice protirečí aj základnému filozofickému princípu, ktorý hovorí, že ľubovoľný reálny materiálny objekt vždy existuje v priestore a v čase.

ktoré nevyhnutne vyžadujú aj filozoficko-metodologickú analýzu ([1]; [2]; [3]). Jednou z nich je teória strún.

Teória strún sa snaží zjednotiť „všetky sily prírody a poskytnúť takpovediac hlavnú rovnicu riadiacu širokú sféru platnosti fyzikálnych zákonov od kvarkov až po vesmír“ ([5], 11). Teória strún však vyžaduje zásadnú zmenu chápania hmoty, jej štruktúry, priestoru a času, a teda aj interpretáciu týchto kategórií. Základným cieľom teórie strún, ako sme už naznačili, je zjednotenie všeobecnej teórie relativity a kvantovej teórie do jednotnej konzistentnej a neprotirečivej teórie, ktorá by bola schopná zmysluplne opísať ako mikrosvet, tak aj megasvet. Základným problémom z hľadiska teórie strún je gravitácia: na jej opis zatiaľ nemáme kvantovú teóriu. Ukazuje sa, že pri rozmeroch s Planckovou dĺžkou, čo je 10^{-35} m, a s Planckovým časom 10^{-43} s Riemannova geometria, ktorá je jazykom všeobecnej teórie relativity, prestáva na tejto úrovni adekvátne opisovať reálny časopriestor a vyžaduje si modifikáciu. „Pre planckovské vzdialenosti je potrebný nový typ geometrie, ktorý by bol v súlade s fyzikou teórie strún. Tomuto novému geometrickému rámcu hovoríme kvantová geometria“ ([5], 208). Autori tejto koncepcie tvrdia, že z teórie strún plynú nové geometrické vlastnosti časopriestoru.

V Einsteinovej všeobecnej teórii relativity gravitácia zakrivuje časopriestor. Na rozdiel od Newtonovej klasickej fyziky, ako konštatuje J. Wheeler, „v einsteinovskom opise prírody geometria nie je len zakrivený priestor, ale zakrivený dynamický priestor“ ([12], 19). Všeobecná teória relativity tak objasnila gravitačné pôsobenie (gravitačnú interakciu) geometricky, ako vlastnosť zakriveného priestoru. V čom teda treba pozmeniť Riemannovu geometriu? Podľa teórie strún predovšetkým v chápaní ultramalých objektov. V Riemannovej geometrii interpretujeme tieto objekty (elementárne častice) ako bodové. V jeho geometrickom formalizme objekty nemôžu byť menšie, ako je planckovský rozmer, pretože za týmto rozmerom stráca zmysel pojem vzdialenosti medzi dvoma bodmi, ktorý je v Riemannovej geometrii fundamentálnym pojmom. Inými slovami, Riemannova geometria je dobrou aproximáciou opisu reality v kozmických rozmeroch, kde galaxie vystupujú ako neštruktúrované body, ale v oblasti mikrosveta nedáva adekvátny opis. Naproti tomu v teórii strún pojem bodovej častice neexistuje. Je nahradený nebodovým objektom – strunou. Stúpenci teórie strún sa snažia ukázať, že časopriestorová štruktúra vesmíru ako dynamického systému je určená časopriestorovou štruktúrou ultramikrosveta.

Podľa Riemannovej geometrie môže byť vesmír ľubovoľne malý (napr. singularita – nulový objem, nekonečná energia a hustota atď.), ale podľa kvantovej geometrie „vesmír nemôže byť nikdy a v žiadnom smere priestoru menší než Planckova dĺžka“ ([5], 211). Z toho vyplýva, že nová strunová fyzika explanuje geometriu časopriestoru podstatne iným spôsobom.

Teória strún predkladá nasledujúci fyzikálny obraz sveta: Základnými „stavebnými kameňmi“ vesmíru sú struny, ktoré majú planckovský rozmer (10^{-35} m). Nie sú to bodové súcna, sú to jednorozmerné entity, ktoré môžu byť otvorené alebo uzavreté. Takéto východisko umožňuje vysvetliť mnohé vlastnosti a charakteristiky „elementárnych častíc“, ktoré ich štandardný model nedokázal explanovať. Navyiac, teória strún nás posúva do planckovských rozmerov, čím zavádza štruktúrovanosť všetkých doteraz známych „elementárnych častíc“. Každá „elementárna častica“ je prejavom struny vibrujúcej s určitou intenzitou alebo v určitom moduse. Samotná struna je jednorozmerná, takže sa stáva objektom priestoru a aj kategórie *priestor* a *čas* sa stávajú organickou súčasťou teórie

strún. Základnou konštantou, ktorá vystupuje v tejto teórii, je rozmerová konštanta α , ktorá zabezpečuje strunové efekty: $\sqrt{\alpha} = 10^{-33}$ cm. Táto konštanta však nie je získaná empiricky, nie je ani dôsledkom teoretických konštrukcií, čo má za následok nejednoznačnosť jej hodnoty ([11], 145 – 146). Teória strún je podstatne novým prístupom pri opisovaní nášho vesmíru na jeho rôznych štruktúrnych úrovniach a je zatiaľ v danej podobe „jediným známym spôsobom konzistentného zjednotenia gravitácie s kvantovou teóriou a negravitačnými interakciami“ ([10], 173). Ako zdôrazňuje L. Smolin, „medzi jej silné stránky patrí prirodzený spôsob zjednocovania všetkých častíc a síl... Teória strún je okrem toho tiež dokonalou realizáciou hypotézy duality“ ([10], 173).

Na druhej strane, ako každá nová teória aj ona vyvoláva mnoho otázok a problémov:

1. Teória strún v dnešnej podobe nie je definitívna a vlastne nevieme, čo si máme pod ňou predstaviť. „Chýba nám dobrá definícia teórie strún a nepoznáme jej fundamentálne princípy... Problém je v tom, že dodnes sa nepodarilo formulovať teóriu strún v podobe prijateľnej fundamentálnej teórie“ ([10], 164). Existujú mnohé riešenia určitej teórie, ale chýba sama teória, podľa ktorej sa tieto riešenia realizujú. Zatiaľ sa nepodarilo pokročiť od zoznamu riešení k princípom teórie. „V súčasnosti ju z väčšej časti chápeme iba prostredníctvom... približnej procedúry (poruchová teória), pretože je skôr výsledkom modifikácie približnej procedúry, ako nejakej teórie“ ([10], 166). Čo je však problematickejšie: Aj keď teória strún spĺňa minimálne kritériá „empirickej neprotirečivosti“, pohybuje sa na takej úrovni reality, ktorá je ďaleko za hranicami empirických možností súčasnej fyziky. Inými slovami jej základným nedostatkom je empirická neverifikovateľnosť.

2. Ďalší problém spočíva v tom, že v súčasnosti neexistuje jedna teória strún, ale celé triedy tejto teórie, ktoré môžeme rozdeliť na dva základné typy: a) konzistentné, b) nekonzistentné.⁸ Pre nás sú zaujímavé práve konzistentné teórie, pretože poskytujú pre všetky fyzikálne veličiny konečné a zmysluplné výrazy. Problém je však v tom, že konzistentných teórií strún je veľmi veľa. Tak napríklad vo vesmíre s deviatimi priestorovými rozmermi existuje päť odlišných typov konzistentných teórií strún, „Keď postúpime do trojrozmerného sveta, v ktorom podľa všetkého žijeme, zistíme, že existuje prinajmenšom niekoľko tisíc rôznych konzistentných strunových teórií. Vo väčšine z nich sa objavujú voľné parametre, čiže teórie nie sú schopné poskytnúť jednoznačné predpovede pre také veličiny, ako sú hmotnosti elementárnych častíc“ ([10], 172). Vzniká otázka: O čom vlastne hovoria jednotlivé teórie strún, o možných typoch vesmírov, o rôznych aspektoch určitého vesmíru, alebo o rovnakých vlastnostiach vesmíru z rôznych aspektov?

3. Vo všetkých teóriách strún sa struny opisujú ako priestorovo mnohorozmerné objekty, ktoré sa nazývajú *p-brány*. Špeciálnymi prípadmi sú struny, ktoré majú $p = 1$, a membrány, pre ktoré platí $p = 2$. Podľa teórie *p-brán* je *p = 1-brána* jednorozmerná struna, *p = 2-brána* je dvojrozmerná plocha alebo membrána atď. To ale znamená, že teória strún je čiastkovou teóriou, ktorá opisuje len *p = 1-brány*. Čo je však zaujímavé: Všetky *p-brány* môžeme nájsť aj ako riešenia v teóriách supergravitácie s desiatimi alebo jedenástimi rozmermi.

⁸ V súčasnosti existuje päť rozdielnych teórií strún: typ I, typ IIA, typ IIB, heterotická SO(32), heterotická E8 x E8. Hypoteticky sa predpokladá teória M, ktorá by mala v budúcnosti zjednotiť všetky existujúce teórie strún a ktorú často fyzici nazývajú teóriou všetkého [9]. Typ I opisuje otvorené struny, ostatné štyri typy opisujú uzavreté struny.

4. Mnohé strunové teórie predpovedajú existenciu elementárnych častíc, aké sme doteraz nepozorovali, a navyac, „väčšina konzistentných teórií strún predpovedá aj iné symetrie medzi časticami, než aké sa pozorujú. Najdôležitejšie z nich sú supersymetrie“ ([10], 172). Na tom by z metodologického hľadiska nebolo nič zvláštne. Každá dobrá vedecká teória má aj predikčnú funkciu, čo znamená, že je schopná z aspektu svojej intenzity a extenzity predpovedať existenciu takých materiálnych štruktúr, ktoré sú z hľadiska danej vedeckej teórie logicky prípustné, explanovateľné, aj keď sme ich zatiaľ nepozorovali. Problém však spočíva v tom, že teória strún vo svojej terajšej podobe neposkytuje veľa predpovedí o skutočne pozorovanej fyzikálnej štruktúre nášho vesmíru.

5. Veľmi vážna výhrada proti teórii strún sa týka jej interpretácie počtu dimenzií a geometrie časopriestoru. Ukazuje sa, že teórie strún nie sú v obvyklom štvorrozmernom časopriestore konzistentné. Obyčajne sa pracuje s desiatimi, jedenástimi alebo dvadsiatimi šiestimi rozmermi. Ako zdôrazňuje L. Smolin, „teória strún je najjednoduchšia, ak má svet deväť priestorových rozmerov“ ([10], 175). Šesť alebo sedem rozmerov je zvinutých až natoľko, že ich vôbec nevnímame; uvedomujeme si iba zostávajúce štyri veľké a takmer ploché dimenzie. Hovoríme, že nadbytočné rozmery sú kompakťifikované. Z toho vyplýva, že zavedenie viacrozmerných časopriestorov do teórie strún si vyžiadala z metodologického aspektu jej jednoduchosť. Mnohí fyzici však takejto procedúre nie sú naklonení. Tak napríklad S. Hawking tvrdí, že sa vždy zdráhal uveriť v ďalšie rozmery. Podľa neho sú takéto časopriestorové dimenzie úplne bežné vo vedeckofantastickej literatúre. Zatiaľ však neexistujú nijaké empirické fakty, ktoré by si na svoje vysvetlenie vyžadovali dodatočné dimenzie. Navyac, teória strún nevysvetľuje, prečo existujú len tri priestorové rozmery a jeden časový, pričom časopriestor je pomerne plochý, ani to, prečo by mali byť zvinuté len niektoré dimenzie. Vo veľmi ranom vesmíre pravdepodobne boli všetky rozmery veľmi zakrivené. Prečo sa jeden časový rozmer a tri priestorové rozmery vyrovnali? Jednou z odpovedí by mohol byť známy antropický princíp. Tak napríklad dva priestorové rozmery na vývoj takých komplexných bytostí, ako je človek, nestačia. Ale problém by bol aj z viacerými priestorovými rozmermi. Napríklad gravitačná sila medzi dvoma telesami by klesala so vzdialenosťou rýchlejšie než v trojrozmernom priestore, čo by malo vplyv na stabilitu dráh planét okolo Slnka, samo Slnko by bolo veľmi nestabilné, štruktúra atómov by bola nestabilná atď. Aj život, taký, ako ho poznáme, môže existovať len v oblasti časopriestoru, v ktorej jeden časový a tri priestorové rozmery nie sú zvinuté do veľmi malého objemu. Ďalšie rozmery priestoru by boli príliš malé aj z hľadiska kozmonautiky, pretože by nemohli byť vzhľadom na svoje rozmery využité na cestovanie kozmickou loďou. „Z pohľadu teórie strún neexistuje nijaký špeciálny dôvod, prečo by sa práve šesť [alebo viacej – J. D.] rozmerov malo kompakťifikovať, zatiaľ čo zvyšné tri by zostali veľké“ ([10], 176).

Ako ukazuje J. Smolin, každému spôsobu kompakťifikácie zodpovedá iná geometria a iná topológia šiestich ďalších rozmerov. Bolo by zaujímavé dokázať, či a ako geometria ďalších rozmerov ovplyvňuje intenzitu interakcií pozorovaných elementárnych častíc a ich hmotnosť. Ak berieme teóriu strún vážne, tak nám naznačuje, že „svet, ktorý vidíme, poskytuje iba chudobnú, úzku vzorku všetkých možných fyzikálnych javov, pretože ak je teória pravdivá, hovorí, že väčšina rozmerov a väčšina symetrií je skrytá“ ([10], 176). Ako konštatuje S. Hawking, zatiaľ je jej úspešnosť dosť patetická. Vidíme, že proti teórii strún existujú vážne výhrady ako z hľadiska fyziky, tak aj z hľadiska filozofie. No

tieto výhrady majú podstatný dosah na filozofické a metodologické otázky týkajúce sa interpretácie hmoty, pohybu, priestoru, času a časopriestoru v teórii strún.

Teória strún, ako sme už uviedli, hľadá cesty k vytvoreniu novej konzistentnej fyzikálnej teórie, ktorá by dokázala adekvátne a neprotirečivo opísať náš vesmír na všetkých jeho štruktúrnych úrovniach: na úrovni mikrosveta, makrosveta i megasveta. Tento prístup si vyžiadal aj obsahovú zmenu kategoriálneho aparátu. Struna ako hmota sa interpretuje ako čistá energia, vlny na strune sa interpretujú ako častice. Dôležitú úlohu v nej zohráva geometrický model časopriestoru, ktorý vytvára pozadie pohybu strún. Na dnešnej formulácii teórie strún je problematické to, že „nerešpektuje základné ponaučenie zo všeobecnej teórie relativity, že časopriestor nie je nič iné ako vyvíjajúci sa systém vzťahov, teória strún však závisí od pozadia“ ([10], 163). V tejto teórii sa „struny pohybujú na pozadí absolútneho a nemenného časopriestoru. O geometrii priestoru a času sa spravidla predpokladá, že je raz a navždy daná a nemenná a deje sa jedine to, že niektoré struny sa voči pevnému pozadiu pohybujú a interagujú“, a navyše, „v každej teórii strún sa pohyb odohráva voči inému časopriestorovému pozadiu, takže keď chceme definovať konkrétnu teóriu, musíme v prvom rade konkretizovať dimenziu priestoru a geometriu časopriestoru“ ([10], 174 – 175). Z toho vyplýva, že ani teória strún v jej dnešnej podobe nedokázala prekonať absolútny časopriestor a z hľadiska jeho štruktúry ani jeho substanciálnosť. Časopriestor sa interpretuje ako „tkanina“ zhotovená zo strún.

Teória strún však oproti teórii relativity urobila ďalší krok dopredu, pokiaľ ide o vlastnosti priestoru a času. Kým teória relativity zrelativizovala metrické vlastnosti časopriestoru, teória strún zrelativizovala aj jeho topologické vlastnosti (napr. rozmernosť časopriestoru, jeho spojitosť atď.), ktoré sa ešte donedávna považovali za univerzálne. Teória strún už pozná prerušenie priestoru, prepichnutie priestoru, rozpáranie priestoru, zošívanie priestoru atď., čo, samozrejme, vedie vždy k zmene topológie priestoru a utvrdzuje nás v tom, že táto teória interpretuje priestor, čas a časopriestor v duchu substanciálnej koncepcie. J. Smolin uzatvára, že v teórii strún sú „prvky novej fyziky skombinované so starým newtonovským rámcom, podľa ktorého priestor a čas je spojitý, nekonečne deliteľný a absolútny“ ([10], 181).

Teória strún sa dostala do planckovských rozmerov fyzikálnej reality, čo poukazuje ešte na jednu zaujímavú skutočnosť. Keďže sa v nej objavili interpretácie strún ako štruktúrovaných entít, predpokladá sa existencia ešte elementárnejších súcien, ktoré však majú rozmery z planckovského sveta. Táto hypotéza vedie k záveru, že struny by mohli tvoriť prechod medzi planckovským svetom a naším mikrosvetom, podobne, ako molekuly tvoria prechod medzi mikrosvetom a makrosvetom. Častice, ktoré tvoria struny, budú ešte hypotetickejšími „stavebnými kameňmi“, ako sú samotné struny; tie sú však súčasťou novej, hlbšej úrovne reality – planckovskej úrovne, o ktorej zatiaľ nemáme žiadnu teoretickú predstavu. Keďže to budú kvalitatívne iné, ale formotvorné častice, mohli by sme ich predbežne nazývať „kvalizéry“. Ich výskum však bude vyžadovať inú fyzikálnu teóriu a, samozrejme, ďaleko vyspelejšie technológie, ale aj prepracovanejšiu a adekvátnejšiu filozofickú, metodologickú a logickú kategoriálnu bázu, pretože to bude prienik na oveľa hlbšiu úroveň podstaty reality, ako si dokážeme teraz predstaviť.

Súčasný vedecký poznávanie urobilo v poznávaní nášho vesmíru za posledných 50 rokov ohromný skok, čo sa prejavilo v nahromadení veľkého množstva poznatkov a v konštruovaní nových vedeckých a často hypotetických teórií. Ak ich chceme seriózne

a adekvátne analyzovať z filozoficko-metodologického a logického hľadiska, nevyhnutne musíme na základe súčasnej úrovne vedeckého poznania obsahovo rozpracúvať aj filozofické, metodologické a logické kategórie. Napr. kategórie *pohyb, hmota, priestor, čas, kauzalita* atď. ako filozofické kategórie sú poznačené ešte interpretáciou v rámci klasickej vedy, teda v rámci klasickej paradigmy a racionality. Ukazuje sa, že vedecký pokrok v oblasti fyziky a kozmológie prenikol oveľa hlbšie do materiálnych štruktúr nášho vesmíru, ktoré „klasické“ filozofické kategórie už nedokážu adekvátne explanovať. Zdá sa, akoby filozofia vo filozoficko-metodologických analýzach stratila dych a často ju nahrádza práca špeciálnych vedcov, čo sa, samozrejme, prejavuje na ich formuláciách a názoroch. V poslednej dobe to výstižne vyjadril kozmológ S. Hawking: „Až dodnes bola väčšina vedcov príliš zaneprázdnená rozvíjaním nových teórií opisujúcich, čo vesmír je, takže si nepoložili otázku, prečo tu je. Na druhej strane ľudia, ktorých poslaním je pýtať sa *prečo* – filozofi –, nedokázali s rozvojom vedeckých teórií udržať krok“ ([7], 113). Táto kritika pripomína začiatok 20. storočia, keď po vzniku špeciálnej a všeobecnej teórie relativity a kvantovej fyziky sa prvé ich seriózne filozoficko-metodologické analýzy začali objavovať až v tridsiatych rokoch.

LITERATÚRA

- [1] CAO, T. Y.: Predpoklady sozdanija neprotirečivoj teorii kvantovoj gravitacii. In: *Filosofija nauki*, vyp. 7, Moskva 2001.
- [2] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a teória strún. In: *Používanie, interpretácia a význam jazykových výrazov*. Bratislava: Filozofický ústav SAV 2004.
- [3] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a kvantová gravitácia. In: *Organon F*, 13, č. 4. Bratislava: Filozofický ústav SAV 2006.
- [4] GREEN, B.: *Elegantní vesmír. Superstruny, skryté rozměry a hledání finální teorie*. Praha: Mladá fronta 2001.
- [5] GREEN, B.: *Struktura vesmíru. Čas, prostor a povaha reality*. Praha – Litomyšl: Paseka 2006.
- [6] GRYGAR, J.: *Vesmír jaký je*. Praha: Mladá fronta 1997.
- [7] HAWKING, S.: *Ilustrovaná teorie všeho. Počátek a osud vesmíru*. Praha: Argo 2004.
- [8] REZEK, P. (ed.): *Kosmos a živly*. Praha: OIKOYMENH 1992.
- [9] PETRÁŠ, M.: Teória všetkého: Fyzikálna ontológia? In: *Organon F*, 2, 1995, č. 2.
- [10] SMOLIN, L.: *Tri cesty ku kvantovej gravitácii. Úvod do súčasných koncepcií priestoru a času*. Bratislava: Kalligram 2003.
- [11] TARATOJEV, J. V.: Teorija strun kak sovremennaja fizičeskaja koncepcija „osnovanija mira“. Gnoseologičeskij i ontologičeskij „srez“. In: *Voprosy filosofii*, No. 2, Moskva 2007.
- [12] WHEELER, J. A.: *Predvidenije Ejnštejna*. Moskva: Mir 1988.
- [13] ŽAČEK J.: *Úvod do fyziky elementárních částic*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum 2005.

Príspevok vznikol vo Filozofickom ústave SAV ako súčasť grantového projektu č. 2/6135/6.

PhDr. Ján Dubnička, CSc.
 Filozofický ústav SAV
 Klemensova 19
 813 64 Bratislava 1
 SR