

FILOZOFICKÉ A METODOLOGICKÉ PROBLÉMY BUDOVANIA TEÓRIE KVANTOVEJ GRAVITÁCIE

JÁN DUBNIČKA, Filozofický ústav SAV, Bratislava

DUBNIČKA, J.: Philosophical and Methodological Problems in Building the Theory of Quantum Gravitation
FILOZOFIA 64, 2009, No 7, p. 658

The paper deals with selected philosophical and methodological problems concerning the building of the quantum theory of gravitation, which is expected to unify general relativity and the quantum field theory into a single consistent and comprehensive theory. It outlines the basic ontological characteristics of such a theory, its structure and the limitations set upon it by the general relativity and the quantum field theory. Models of such a theory are described as well.

Keywords: Rationality – Space – Time – Quantum gravitation – Ontology – Theory

Vývoj vedy a vedeckého poznania na začiatku 20. storočia ukázal značnú ohraničenosť a rozporuplnosť novovekej paradigmy a novovekého typu racionality, teda aj klasickej vedy, ktorá bola reprezentovaná predovšetkým Newtonovou fyzikálnou koncepciou sveta. Prienik do nových štruktúrnych úrovní reality – mikrosvet, megasvet – odhalil principiálne nové ontologické entity, ktorých štruktúru, vlastnosti, vzťahy atď. klasická veda nebola schopná explanovať ani predikovať. Tým sa jednoznačne prejavila historická ohraničenosť tejto koncepcie. Limitovanosť klasickej vedy sa konkrétne prejavila vo viacerých smeroch: 1. Mechanistická limitovanosť bola v konceptuálnej forme vyjadrená v mechanickom vedeckom obraze sveta. 2. Kategóriálna limitovanosť: ukázalo sa, že kategóriálny aparát klasickej vedy neumožňuje dostatočne pochopiť vnútornú dynamiku prírodných a sociálnych procesov. 3. Logická limitovanosť: klasická logika nie je schopná logicky konzistentne vyjadrovať štruktúru a dynamiku najmä novoobjavených reálnych procesov; 4. Metodologická limitovanosť sa prejavila v nepochopení vnútornej jednoty empirického a teoretického, analýzy a syntézy, indukcie a dedukcie, abstrakcie a konkretizácie, ako aj v otázkach spätých s explanáciou, vedeckým zákonom atď. ([4], 139 – 170).

S rozvojom vedeckého poznania sa formuje nová paradigma a nový, neklasický typ racionality, ktorý formuje „dostatočné prostriedky na teoretickú rekonštrukciu inherentnej dynamiky (reprodukčných cyklov, samodeterminácie, sebaorganizácie, sebatranscendencie) celostných prírodných a sociálnych systémov“ ([4], 197).

Práve prienikom vedeckého poznania do nových štruktúrnych úrovní reality – mikrosvet, megasvet – sa objavili nové, neklasické typy objektov, napr. štruktúrované atómy, elementárne častice, galaxie, kvazary, pulzary, čierne diery atď.; mení sa zásadne aj chápanie mnohých fundamentálnych kategórií, ako sú napr. priestor, čas, kauzalita, determinovanosť, atď. „Vzniká nový, neklasický typ vedy, v ktorom sa zavádza nový typ teoretického objektu... ktorý sa zásadne odlišuje od teoretického objektu klasickej vedy“ ([4], 203).

Čo sa teda konkrétne mení v neklasickom type racionality a v neklasickej paradigme? 1. Zavádza sa teoretický objekt nového typu, ktorý „umožňuje neklasickým vedám racionálne riešiť problémy, ktoré vystupovali v hraniciach klasickej vedy vo forme dichotómií, paradoxov a antinómií... ako aj lepšie pochopiť inherentnú dynamiku prírodných procesov“ ([4], 207, 208). 2. Začínajú sa rozlišovať „rôzne stupne vývinovej orientovanosti prírodných procesov“ – jednoduchá a účelová orientovanosť ([4], 214). 3. Formuje sa nový kategoriálny systém, ktorý umožňuje „teoretickú rekonštrukciu inherentnej dynamiky celostných systémov, procesov ich vzniku, fungovania a kvalitatívnej premeny“: dialektická opozícia, zákony a podmienky, celok a časť, nevyhnutnosť a náhodnosť atď. ([4], 218). Dochádza k postupnej diferenciacii vedeckých kategórií na filozofické, všeobecnovedné a špeciálnovedné. 4. Formuje sa nová logická výbava neklasickej vedy; vznikajú rôzne typy neklasickej logiky, ktoré umožňujú tvorbu konceptuálnych systémov, ktoré oveľa hlbšie dokážu zachytiť vnútornú štruktúru a dynamiku neklasických objektov vedy (viachodnotové logiky, modálne logiky, kvantová logika, logika neostrých pojmov atď.). 5. Formuje sa nový metodologický aparát neklasickej vedy; vznikajú nové typy metód, verifikačných, explanačných a predikčných postupov, ktoré dávajú adekvátnejšie odpovede na otázky, na ktoré klasická veda nevedela odpovedať.

Formovanie novej paradigmy a neklasického typu racionality sa prejavilo v špeciálnovednom poznaní v jednotlivých vedných disciplínach formulovaním kvalitatívne nových vedeckých teórií. Náš záujem sa koncentruje výlučne na fyzikálne poznanie.

Na začiatku 20. storočia ako odpoveď na vzniknutý stav vo vedeckom poznaní sú formulované dve fundamentálne fyzikálne teórie: teória relativity (špeciálna a všeobecná) a kvantová mechanika.

Špeciálna teória relativity (ŠTR) skúma inerciálne systémy pohybujúce sa rýchlosťami blízкими rýchlosti svetla a všeobecná teória relativity (VTR) je jej zovšeobecnením na neinerciálne systémy so silným gravitačným poľom. To znamená, že VTR sa stala predovšetkým teóriou megasveta – vesmíru, v ktorom sa prejavuje pôsobenie gravitačných mäs. Teória relativity, ktorá prostredníctvom Lorentzových transformácií zahrnila do seba aj Newtonovu fyziku, opisuje relatívne adekvátne makrosvet i megasvet.

Kvantová mechanika, ktorá bola rozvinutá v ďalšom období do podoby kvantovej teórie poľa (KTP), upriamila svoju pozornosť na mikrosvet, jeho štruktúru, vlastnosti, zákonitosti atď. Skúma svet ultramalých rozmerov, teda svet, v ktorom sa nachádzajú základné „stavebné kamene“ nášho vesmíru. Práve v tejto oblasti získala kvantová teória z hľadiska štruktúry hmoty dôležité poznatky týkajúce sa vnútornej štruktúry atómu. Nové vedné disciplíny v rámci kvantovej fyziky, napríklad kvantová elektrodynamika, kvantová chromodynamika, ale najmä fyzika elementárnych častíc, zavádzajú do fyzikálnej teórie pojem „elementárnej častice“, ktorá sa považuje za ďalej nedeliteľnú entitu, pričom na rozdiel od atómu môže sa podľa určitých pravidiel premieňať na iné elementárne častice. Zavádza sa klasifikácia týchto častíc, ktorá ich rozčleňuje na dve základné skupiny: látkové a poľové. Elementárne častice, ktoré tvoria základné „stavebné kamene“ látky, dostali meno fermióny a elementárne častice, ktoré sú základom poľovej formy hmoty, dostali meno bozóny.

Fyzikálny obraz sveta, ktorý nám predkladajú teória relativity a kvantová fyzika,

môžeme z hľadiska jeho štruktúry predstaviť nasledovne: Základnými „stavebnými kameňmi“, z ktorých je vybudovaný náš vesmír, sú kvarky,¹ leptóny² a častice, ktoré zabezpečujú štyri základné fyzikálne interakcie: silnú, slabú, elektromagnetickú a gravitačnú, t. j. bozóny.³ Štruktúru látkovej formy hmoty tvoria: a) kvarky prvej dvojice *u, 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, medzi ktoré zaraďujeme elektróny, tvoriace vonkajší obal jadra a viazané s jadrom elektromagnetickou interakciou, zabezpečovanou fotónmi. Rozličné druhy atómov – chemické prvky⁴ – sa navzájom líšia počtom protónov a neutrónov v jadre a počtom elektrónov v obale.

Chemické prvky na základe chemických väzieb, ktoré zabezpečuje elektromagnetická interakcia, sú schopné samoorganizáciou vytvárať anorganické aj organické molekulárne systémy, ktoré sú základnými štruktúrami makrosвета a megasвета, spätými so základnými formami pohybu hmoty (fyzikálnou, chemickou, biologickou, sociálnou). Na základe fyzikálnej a chemickej úrovne pohybu hmoty a gravitačnej interakcie sa vo vesmíre vytvárajú priestorovo rozľahlé systémy s veľmi vysokou hmotnosťou (planéty, planetárne systémy, hviezdy, galaxie, kopy galaxií, superkopy galaxií), ktoré vytvárajú štruktúru vesmíru ako komplexného dynamického vyvíjajúceho sa systému. Práve tu sa podstatne prejavuje gravitačná interakcia, ktorá je zabezpečovaná zatiaľ hypotetickou elementárnou časticou – gravitónom. 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 v súčasnosti spokojní. Problém môžeme formulovať nasledovne:

1. VTR, 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“ ([21], 18). VTR však zlyháva vždy, keď ju konfrontujeme so správaním molekúl, atómov a elementárnych častíc, teda s oblasťou mikrosвета.

2. KTP úspešne predpovedá vlastností a správanie atómov, elementárnych častíc, ako aj slabej a silnej interakcie (jadrových síl), ktoré pôsobia v jadrách atómov. Poskytuje dobrý základ pochopenia molekulárneho, atomárneho a subatomárneho sveta. Nevie si

¹ V súčasnosti poznáme šesť typov kvarkov: *d* – down, *u* – up, *s* – strange, *c* – charm, *b* – bottom, *t* – top, ktoré sa môžu nachádzať v jednom z troch „farebných“ stavov: červenom, modrom, žltom. K nim, samozrejme, existuje skupina antikvarkov.

² 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).

³ Medzi bozóny zaraďujeme: bozóny – W^\pm, Z^0 (slabá jadrová interakcia), fotóny – γ (elektromagnetická interakcia), gluóny – *g* (silná jadrová interakcia), gravitóny – (gravitačná interakcia; zatiaľ len predpovedané, ale neobjavené).

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

však poradiť napr. s opisom časopriestoru v týchto oblastiach. 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 takéto charakteristické vlastnosti. Inými slovami, nevie ich na základe svojej teórie explanať. 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.⁵ Na druhej strane, fyzikálne charakteristiky vystupujú ako jej vonkajšie parametre a nemôžu byť determinované jej vnútornými priestorovými parametrami. Elementárna častica v takomto modeli vždy zostáva bodovou, vnútorne neštruktúrovanou a ďalej nedeliteľnou entitou.

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, obidve opisujú jeho štruktúru, vzťahy, vlastnosti atď. len z hľadiska jeho určitej štruktúrnej úrovne.

Tieto a mnohé ďalšie problémy viedli v posledných dvoch desaťročiach 20. storočia k intenzívnemu hľadaniu nových koncepcií v oblasti kozmológie, kvantovej fyziky a fyziky elementárnych častíc, zameraných na vytvorenie novej teórie, teórie kvantovej gravitácie (TKG), ktorá by bola schopná „jediným jazykom“ opísať náš vesmír ako celostný dynamický systém, teda ako genetickú štruktúru. Mala by to byť teória, ktorá by zmysluplným spôsobom dokázala zjednotiť VTR a KTP do novej, konzistentnej a vnútorne neprotirečivej teórie. Bolo sformulovaných mnoho zaujímavých ideí a teórií, ktorým sa však zatiaľ takúto logicky konzistentnú teóriu nepodarilo sformulovať. Uvedme aspoň tie najdôležitejšie: gravitačná teória založená na teórii porúch (R. P. Feynman, F. B. Morinigo, W. G. Wagner, B. S. DeWitt [22]), slučková kvantová teória gravitácie, založená na rekombinácii dynamických stupňov slobody (A. Ashtekar, C. Rovelli, L. Smolin ([9]; [21]; [22])), teória strún a superstrún, ktorá preferuje existenciu istého nového substrátu, struny (J. G. Polchinski, J. Schwarz, D. Gross ([8]; [11]; [13]; [14]; [23])), teória tvistorov (S. Hawking, R. Penrose ([16]; [17]; [23])) a mnohé iné.

Ak vychádzame zo základného metodologického predpokladu, totiž že každá vedecká teória, ktorá adekvátne odráža určitú štruktúrnu úroveň reality, obsahuje päť základných báz – historickú, empirickú, teoretickú, logickú a metodologickú (často tiež nazývanú filozoficko-metodologickú) –, tak je prirodzené, že pri formovaní novej vedeckej teórie musíme tieto základné bázy nejako určiť, čo, samozrejme, nie je jednoduchá záležitosť, a to najmä vtedy, keď príslušná teória nie je ešte sformovaná. Z hľadiska našej témy sa zameriame len na empirickú a teoretickú bázu, ktoré tvoria špecifikum každej špeciálnovednej teórie a vytvárajú jej základnú ontologickú bázu, štruktúru ktorej tvoria funda-

⁵ Všetky elementárne častice v rámci bodového modelu častíc spĺňajú princíp korpuskulárno-vlnového dualizmu a princíp neurčitosti.

mentálne východiskové empirické a teoretické kategórie, tvoriace základný pojmový skelet danej vedeckej teórie.

Pokúsime sa aspoň načrtnúť, akú ontologickú bázu by teória kvantovej gravitácie vôbec mala mať, akú by takáto ontologická báza vo všeobecnosti mohla mať štruktúru, aký typ ontologických súcién by mal tvoriť túto štruktúru, aké základné vlastnosti by mali mať a aké vzťahy by mali medzi nimi existovať. Problém je práve v tom, že bez poznania ontologickej bázy kvantovej teórie gravitácie nemôžeme skúmať ani jej vzťah k VTR, ani jej vzťah ku KTP. Súhlasíme s názorom T. Y. Caoa, že „výber ontológie je rozhodujúcim momentom pri konštrukcii teórie. Tento výber neurčuje len bázové podstaty, ktoré musia byť skúmané teóriou, ale diktuje aj teoretickú štruktúru a jej ďalší vývoj v rámci niektorého z výskumných programov“ ([2], 241).

Aká by teda podľa neho mala byť štruktúra a funkcia ontologickej bázy vedeckej teórie z metodologického pohľadu?⁶

1. Ontologická báza vedeckej teórie by mala vytvárať štruktúry, „ktoré sa v teórii postulujú ako prvotné, v základoch teórie sú autonómny základnými podstatami, z ktorých môžu byť všetky ostatné podstaty odvodené“ ([2], 241). Ide teda o východiskové pojmy empirickej a teoretickej bázy vedeckej teórie.

2. Ontologická báza plní predovšetkým explanačnú funkciu, čo znamená, že v rámci danej vedeckej teórie musí vysvetľovať všetky javy a procesy štruktúrnej úrovne reality, ktorú opisuje. Navyiac, z hľadiska svojej predikčnej funkcie by mala predpovedať všetky štruktúry – súcna, ktoré je schopná svojím konceptuálnym systémom explanať.

3. Ontologická báza by mala byť kauzálne efektívna. Mala by obsahovať len také podstaty (súcna), „ktoré sú dostatočne kauzálne efektívne z hľadiska produkcie javov... t. j. musí mať dynamický charakter“ ([2], 242). To si vyžaduje, aby podstaty vystupujúce v ontologickej báze boli navzájom kauzálne späté.

4. Ontologická báza by mala rešpektovať teoretickú a úrovňovú závislosť ontologického statusu teoretických podstát. Mala by teda závisieť od skúmania foriem pohybu hmoty – fyzikálna, chemická, biologická, sociálna –, od skúmania štruktúrnych úrovní reality – mikrosvet, makrosvet, megasvet –, ale aj v rámci nich od definovania univerza, v rámci ktorého definuje ideálne objekty vstupujúce do jej štruktúry. Samotná ontologická báza by mala byť vnútorne diferencovaná na dve základné štruktúry východiskových podstát. Prvú tvoria podstaty, ktoré opisujú fenomenálnu, javovú úroveň skúmanej reality, druhú tvoria ideálne objekty vyššej abstraktnej úrovne, ktoré opisujú určitý stupeň prieniku do podstaty reality a ktoré tvoria fundamentálnejšiu časť ontologickej bázy teoretického konceptuálneho systému, ktorý je schopný explanať objekty, javy a procesy skúmanej štruktúrnej úrovne objektívnej skutočnosti.⁷

5. Ontologická báza by mala rešpektovať medziúrovňovú spätosť ontológií užších teórií. „Ontológie existujúce pred rozšírením a po ňom, musia byť kauzálne späté. Pri prechode hraníc medzi úrovňami sa môžu objaviť nové podstaty, ale musia byť kauzálne explanaťelné“ ([2], 243). Môžeme povedať, že medzi pôvodnou ontologickou bázou

⁶ Kvantovú teóriu gravitácie sa zatiaľ nepodarilo konzistentne a neprotirečivo skonštruovať.

⁷ Vhodná úroveň sa vyberá v súlade s našimi teoretickými a praktickými záujmami, ktoré určujú aj ontologickú bázu danej teórie.

a rozšírenou ontologickou bázou by mal existovať určitý typ korešpondencie. Akej, to bude závisieť od typu vedeckej teórie.

6. Ontologická báza by mala brať do úvahy štruktúru teoretickej podstaty z hľadiska jej identity. „Identita tej alebo onej teoretickej podstaty sa tvorí individuátorom, ktorý sa určuje substrátom alebo jeho nositeľom. Ľubovoľná zmena, ktorá sa okrem zmeny kvalifikátora prejaví v konfigurácii substrátu – individuátora a kvalifikátora teoretickej podstaty, nevyhnutne vedie k zmene identity tejto podstaty“ ([2], 244). Inými slovami, individuátor, ktorý je konkrétnou formou pohybu hmoty, t. j. súcnom, je v konceptuálnej forme zastupovaný pojmom, ktorý vyjadruje podstatné charakteristiky individuátora a v teórii vystupuje ako idealizovaná teoretická podstata. Teoretická podstata si zachováva svoju identitu aj vtedy, keď sa niektoré nepodstatné črty individuátora menia. Musí si však zachovávať svoje fundamentálne, podstatné charakteristiky. V danej teórii si teda zachováva svoju identitu vo forme teoretickej ontologickej podstaty. Potom ale každá zmena, ktorá vedie ku kvalitatívnej zmene individuátora, a je teda kvalitatívnou zmenou jeho podstaty, vedie aj k zmene teoretickej podstaty, ktorá ho zastupovala v ontologickej báze.

7. Ontologická báza by sa nemala vo vedeckej teórii vyčerpávať jedinou dynamickou podstatou. Na jednej strane sama organicky vstupuje do celej štruktúry vedeckej teórie a na strane druhej je sama zložitou dynamickou štruktúrou, v ktorej mnohé komponenty majú určitú relatívnu nezávislosť.

Z toho vyplýva, že sama vedecká teória tvorí vnútorne štruktúrovaný dynamický genetický systém, ktorý má z filozoficko-metodologického hľadiska svoje ohraničenia.

Budovanie novej ontologickej bázy (širšej) novej vedeckej teórie má však aj ďalšie ohraničenia, ktoré sú späté s predchádzajúcimi vedeckými teóriami. Nová vedecká teória by mala adekvátnejšie explanať aj javy a procesy, ktoré explanovali predchádzajúce teórie, a preto z hľadiska novej vedeckej teórie nejakým spôsobom s ňou korešpondujú. Tieto teórie sa pri určitých hodnotách niektorých fundamentálnych konštant určitým spôsobom stávajú limitnými teóriami novej vedeckej teórie, a tým definujú určité ohraničenia aj pre novú teóriu.⁸ Z hľadiska KTG nás bude zaujímať, aké ohraničenia pre túto teóriu určujú VTR a KTP.

Z hľadiska VTR je tento problém úzko spätý s kauzálnou súvislosťou medzi ontologickou bázou VTR a širšou ontologickou bázou KTG, ktorá prekračuje hranice makrosveta a megasveta do oblasti mikrosveta. Tento vzťah vyžaduje, aby „ontologická štruktúra VTR bola odvoditeľná z ontologickej štruktúry kvantovej teórie gravitácie“ ([2], 245). To je jedno z vážnych ohraničení, ktoré musíme rešpektovať pri budovaní KTG. Myslíme si, že je v tom zakomponovaný metodologický princíp korešpondencie.

Ak to skonkretizujeme, ide o problém vzťahu gravitácie a časopriestoru vo všeobecnej teórii relativity. Je všeobecne známe, že v Newtonovej klasickej mechanike sú priestor

⁸ Tak napr. špeciálna teória relativity pri malých rýchlostiach skúmaných objektov dáva výsledky zhodné s Newtonovou fyzikou.

Matematicky to dobre vyjadrujú Lorentzove transformácie:

$$x' = (x - vt) / [\sqrt{1 - (v^2/c^2)}]; \quad t' = [t - (v/c^2)x] / [\sqrt{1 - (v^2/c^2)}]; \quad m = m_0 / [\sqrt{1 - (v^2/c^2)}],$$

kde x je súradnica, t je čas, m je hmotnosť a c je rýchlosť svetla.

a čas absolútne entity. Definoval ich vo svojej práci *Matematické princípy prírodnej filozofie* v roku 1687. Podľa Newtona absolútny priestor v samej podstate vo vzťahu k čomukoľvek vonkajšiemu bude vždy rovnaký, nepohyblivý a absolútny; absolútny čas sám osebe a vo svojej podstate bez akéhokoľvek vzťahu k čomukoľvek vonkajšiemu plynie rovnomerne a nazýva sa trvaním.

Absolútny priestor a čas sa tak stávajú arénou dynamiky fyzikálnych objektov, pričom sa na fyzikálnych procesoch nepodielajú. Vystupujú ako nejaká „nelátková substancia“, ktorá je vždy v rovnakom stave. To znamená, že u Newtona sa nemenia ani metrické (kvantitatívne), ani topologické (kvalitatívne) vlastnosti priestoru a času. V tejto koncepcii sa zavádza absolútna univerzálna súčasnosť a nekonečne rýchle šírenie signálu, čo znamená jeho okamžité pôsobenie v celom vesmíre.

Táto klasická predstava priestoru a času ako nelátkových substancií bola predpokladom (východiskom) klasickej fyziky, a teda aj Newtonovej kozmológie až do začiatku 20. storočia, keď A. Einstein sformuloval ŠTR a VTR a v rámci nich koncepciu časopriestoru, v ktorej zjednotil priestor a čas do jednotného súcna, časopriestoru. V ŠTR časopriestoru geometricky zodpovedá štvorrozmerná Minkovského varieta a vo VTR Riemannova geometria. Vo všeobecnosti sa traduje, že A. Einstein zásadne zmenil koncepciu priestoru a času. Podľa tejto tradície bola substanciálna koncepcia nahradená relačnou koncepciou priestoru a času.⁹

⁹ Mnohí autori však takúto jednoznačnosť výkladu, predovšetkým VTR, nepovažujú za správnu a tvrdia, že je to problém jej interpretácie. Prechod od klasickej mechaniky k teórii relativity interpretujú nasledovne: „V teórii relativity, podobne ako v klasickej mechanike, fungujú dva typy priestoru a času, ktoré realizujú substanciálnu aj atributívnu (v danom prípade relačnú) koncepciu“ ([1], 190). „Na teoretickej úrovni sa realizoval prechod od absolútneho a substanciálneho priestoru a času k absolútnemu a substanciálnemu časopriestoru. Na empirickej úrovni sa realizoval prechod od extenzionálneho priestoru a času k relačnému priestoru a času“ ([1], 192). V teórii relativity sa absolútna súčasnosť zmenila na relatívnu súčasnosť. Ako vyplýva z doterajších analýz (A. Grünbaum, M. D. Achundov, L. Smolin atď.), ani VTR sa nedokázala zrieknuť absolútneho priestoru a času. Ukázalo sa, že predovšetkým vo VTR sa nedarí ontologicky podriaďiť časopriestor hmote. Podľa A. Grünbauma „hmota [vo VTR – J. D.] nie je zdrojom všeobecnej štruktúry časopriestoru, ale len mení tvar štruktúry, ktorá by bola pre autonómny časopriestor plochá“ ([15], 517). Hoci vo VTR sú geometrické vlastnosti časopriestoru určené rozmiestnením gravitačných mäs, geometria časopriestoru sa týmto rozmiestnením neurčuje. Ako konštatuje J. Wheeler, „geometria predurčuje zákony pohybu hmoty a hmota predpisuje geometrii zakrivenie. Geometria časopriestoru už nie je len arénou, kde sa rozohrávajú boje medzi hmotou a energiou. Geometria sa sama zúčastňuje na tejto bitke“ ([25], 18). Napokon, sám A. Einstein v roku 1953 priznáva, že prekonanie pojmu absolútneho priestoru [a času – J. D.] predstavuje „proces, ktorý sa podľa všetkého ešte ani teraz neskončil“ ([12], 347).

Ako konštatuje napr. L. Smolin, „všeobecná teória relativity sa všeobecne nesprávne interpretovala, dokonca aj zo strany mnohých fyzikov, odborníkov v tejto oblasti. VTR sa, žiaľ, bežne považovala za stroj produkujúci časopriestorové geometrie, s ktorými sa zaoberalo úplne rovnako, ako Newton zaoberal so svojim absolútnym priestorom a časom: ako s nemennými a absolútnymi entitami, v ktorých sa pohybujú objekty. Potom už stačilo odpovedať len na otázku, ktorý z možných časopriestorov opisuje reálny vesmír“ ([21], 133). To však zatiaľ nevieme vôbec povedať, i keď poznáme 12 relativistických modelov vesmíru. Podľa L. Smolina „jediný rozdiel medzi týmto a Newtonovým absolútnym priestorom a časom bol v tom, že v Newtonovej teórii neexistovala možnosť voľby, zatiaľ čo všeobecná teória relativity ponúka výber z viacerých možných časopriestorov“ ([21], 133). L. Smolin, samozrejme, nekritizuje len fyzikov – kozmológov, ale aj i filozofov, pretože „v tomto duchu sa teória vykladá v niektorých učebniciach, a takto ju interpretujú aj niektorí filozofi, ktorí by sa v tom predsa len mali

Ďalším pojmom, ktorý má vo VTR fundamentálne postavenie, je pojem gravitácie. A. Einstein na základe využitia princípu ekvivalencie „určil neoddeliteľnosť gravitácie a inercie (ktoré mohli byť spolu vysvetlené afinnými súvislosťami)¹⁰ a zjednotil inerciálno-gravitačné a chrono-geometrické štruktúry časopriestoru“ ([2], 247). Z ontologického hľadiska môžeme toto zjednotenie interpretovať dvoma rôznymi spôsobmi: 1. gravitácia je prejavom štruktúry časopriestoru; 2. gravitácia je prejavom gravitačného poľa, teda ide o silové pôsobenie medzi gravitačnými masami, ktoré určujú geometriu časopriestoru. V matematickom vyjadrení však rovnica gravitačného poľa vždy vyjadruje jednotu gravitácie a časopriestoru, čo znamená, že časopriestor vo všeobecnej teórii relativity nie je samostatnou nezávislou entitou, ale je spätý s hmotou, ktorá má vplyv na jeho metrické a topologické charakteristiky.

Z hľadiska VTR môžeme ohraničenia, ktoré musí rešpektovať KTG, v krátkosti formulovať nasledovne: 1. KTG ako nová teória poľa s nekonečným počtom stupňov voľnosti musí vygenerovať všetky podstatné črty VTR. 2. Nemala by predpokladať autonómnosť časopriestoru so striktnými (fixovanými) štruktúrami, t. j. gravitačnými masami. Hodnoty parametrov poľa sa nepripisujú časopriestorovým bodom, ktoré existujú nezávisle, ale sa nachádzajú v určitých časopriestorových vzťahoch s inými fyzikálnymi podstatami. „Časopriestor sa v nej formuje ako relačná podstata dynamickými gravitačnými poliami (afinnými súvislosťami, metrickými tenzormi a ich variáciami), a je teda vo svojej podstate dynamický“ ([2], 253). 3. KTG by mala využiť ideu kovariantnosti¹¹ fyzikálnych rovníc KTG, ktorá vyplýva z princípu všeobecnej kovariantnosti rovníc VTR.

Podobne musíme brať do úvahy aj ohraničenia, ktoré vyžaduje KTP vzhľadom na KTG: 1. Ontologickú bázu KTG bude tvoriť globálne dynamické pole, ktoré konštantne fluktuuje (kvantové fluktuácie). 2. Toto pole je lokálne excitované (vzbudené) a z hľadiska svojej podstaty kvantové, t. j. lokálne excitácie podliehajú kvantovým princípom, ako sú princípy neurčitosti a princíp kanonického vzťahu komutatívnosti alebo nekomutatívnosti. 3. KTG musí mať dostatočne široké teoretické východiská, aby zdôvodnila základné pojmy konceptuálnej štruktúry KTP: lokalizovateľnosť, počet nekonečných stupňov voľnosti, globálny stav vákua atď. Tie sa v klasickom variante KTP zdôvodňujú prostredníctvom štvorrozmernej časopriestorovej variety Minkovského s fixovanou chronogeometriou [2].

Vzniká otázka, ako vybudovať KTG tak, aby vyhovovala základným požiadavkám ontologickej bázy a zároveň ohraničeniam, ktoré vyžadujú VTR a KTP. V súčasnosti sa z metodologického aspektu črtajú tri základné cesty budovania KTG: 1. Vhodným spôsobom rozšíriť všeobecnú teóriu relativity na nový ontologický základ tak, aby bola schopná adekvátne a neprotirečivo opísať aj mikrosvet. 2. Vhodným spôsobom rozšíriť kvantovú

vyznať“ ([21], 133).

¹⁰ Pod afinnými súvislosťami rozumieme vzájomné vzťahy medzi lineárnymi útvarmi (bod, priamka, rovina) a priestoru. Východisko určenia týchto vzťahov tvorí afinná súradnicová sústava v priestore $[O, \mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \dots]$, kde $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \dots$ sú lineárne nezávislé vektory.

¹¹ Kovariantnosť fyzikálnych rovníc vyjadruje ich nezávislosť od transformácie súradných systémov. V KTG ide teda o kovariantnosť rovníc gravitačného poľa vzhľadom na časopriestorový posun. To znamená, aby sa zákony prírody dali vyjadriť rovnicami nezávislými od pohybových transformácií.

teóriu poľa na nový ontologický základ tak, aby bola schopná adekvátne a neprotirečivo opísať makrosvet a megasvet. 3. Vytvoriť zásadne novú ontologickú bázu kvantovej teórie gravitácie, ktorá by dokázala adekvátne a neprotirečivo opísať mikrosvet, makrosvet a megasvet, teda náš vesmír, ako dynamický samoorganizujúci sa a samovyvíjajúci sa celostný systém, ako genetickú štruktúru, ktorá by nebola v protirečení s VTR ani s KTP.

V prvom prípade by sa kvantová teória poľa stala limitným prípadom všeobecnej teórie relativity, podobne ako Newtonova fyzika, za predpokladu, že existujú príslušné transformácie, ktoré umožnia základné vzťahy všeobecnej teórie relativity transformovať na vzťahy kvantovej teórie poľa. Inými slovami, medzi novým ontologickým základom všeobecnej teórie relativity a kvantovou teóriou poľa by sa objavil určitý typ korešpondencie.

V druhom prípade by sa všeobecná teória relativity stala limitným prípadom kvantovej teórie poľa, a to za predpokladu, že existujú príslušné transformácie, ktoré umožnia základné vzťahy kvantovej teórie poľa za určitých podmienok transformovať na fundamentálne vzťahy všeobecnej teórie relativity. To znamená, že medzi novým ontologickým základom kvantovej teórie poľa a všeobecnou teóriou relativity by sa objavil určitý typ korešpondencie.

Ako najperspektívnejšia sa javí tretia cesta: vybudovať zásadne novú ontologickú bázu kvantovej teórie gravitácie, v rámci ktorej by sa všeobecná teória relativity a kvantová teória poľa stali limitnými teóriami kvantovej teórie gravitácie. Zostáva však otázka, na akých princípoch takúto ontologickú bázu budovať.

Pokúsime sa teda na záver, zatiaľ bez hlbšej analýzy,¹² ukázať ako by bolo možné vybudovať určitú ontologickú bázu KTG.

V ontologickej báze KTG majú kľúčovú úlohu dva pojmy (kategórie): pojem *univerzálneho vzájomného pôsobenia* a pojem *kvantovej fluktuácie*, ktoré v danej teórii vystupujú ako individuátory. Prostredníctvom kategórie *univerzálneho vzájomného pôsobenia* môžeme charakterizovať gravitačné pole a pojem *ľubovoľnej fluktuácie*. To nám umožní definovať *kvantovú podstatu* ako ďalšiu fundamentálnu kategóriu danej teórie. Môžeme to vyjadriť nasledujúcou schémou: *univerzálne vzájomné interakcie* (fyzikálna podstata) → *kvantová fluktuácia* (fyzikálne javy) → *kvantová podstata* (fyzikálna vlastnosť). Vo filozofickej terminológii to môžeme vyjadriť schémou: *univerzálne vzájomné pôsobenie* → *forma pohybu hmoty* → *podstata formy pohybu hmoty*.

V ontologickej báze KTG sa snažíme dosiahnuť, aby kombinovanie dvoch individuátorov – jeden charakterizuje gravitačné pole a druhý kvantovú podstatu – „charakterizovalo jedinú podstatu, kvantové gravitačné pole, ktoré konštantne fluktuuje a súčasne univerzálne vzájomne pôsobí s ľubovoľnou fyzikálnou podstatou“ ([2], 261). To zabezpečuje, že jeho dynamika určuje chronogeometrickú štruktúru predovšetkým v mikrosvete, ale pri určitom makroskopickom priblížení aj v makrosvete. Tak možno kvantovú

¹² Štúdia je prvým náčrtom základných filozoficko-metodologických problémov konštrukcie KTG, ktoré sú rozpracovávané v rámci grantového projektu, a bude pokračovať prehĺbovaním analýzy načrtnutých východísk danej teórie s cieľom pokúsiť sa vypracovať ontologickú a metodologickú syntézu základov KTG. V ďalších štúdiách budú podrobnejšie analyzované a vysvetlené aj mnohé pojmy, ktoré ostali v štúdií nedefinované.

gravitáciu aplikovať na mikrosvet, makrosvet i megasvet; vystupuje teda ako základný individuátor KTG.¹³

Takýto ontologický prístup konštruuje novú empirickú i teoretickú ontologickú bázu konceptuálnej štruktúry KTG, ale aj nový vedecký obraz sveta, v ktorom ako podstatná realita vystupuje gravitačné pole, vzájomne interagujúce so všetkými ostatnými kvantovými poliami. Všetko ostatné, ako napr. hladké alebo fixované metrické tenzory, sú druhotné javy. Tým by sme dosiahli jednotný kvantový opis vesmíru ako dynamického systému (genetickej štruktúry) v jednotnom jazyku TKG.¹⁴

Takýto ontologický prístup má, samozrejme, vplyv aj na chápanie podstaty ďalších kategórií, ako sú priestor, čas, kauzalita atď., čo veľmi dobre korešponduje s formovaním nového neklasického typu racionality a neklasickej paradigmy.

LITERATÚRA

- [1] ACHUNDOV, M. D.: *Koncepcii prostranstva i vremeni: istoky, evolucija, perspektivy*. Moskva: Nauka 1982.
- [2] CAO, T. Y.: Predposylki sozdaniya neprotirečivoj teorii kvantovoj gravitacii. In: *Filosofija nauki* vyp. 7, Moskva 2001.
- [3] CECHMISTRO, I. Z.: *Cholističeskaja filosofija nauki*. Sumy: Universitetskaja kniga 2002.
- [4] ČERNÍK, V. – VICENÍK, J. – VIŠŇOVSKÝ, E.: *Historické typy racionality*. Bratislava: IRIS 1997.
- [5] DAVIES, P. C.: *Space and Time in the Modern Universe*. London – New York – Melbourne: Cambridge University Press 1977 (rusky: *Prostranstvo i vremena v sovremennoj kartine vselennoj*. Moskva: Mír 1979).
- [6] DAVIES, P. C.: Kvantová gravitace: sjednocený model reality? In: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, roč. 31, 1986, č. 3.
- [7] DUBNIČKA, J.: *Čas a kauzalita*. Bratislava: Veda 1986.
- [8] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a teória strún. In: *Používanie, interpretácia a význam jazykových výrazov*. Bratislava: Veda 2004.
- [9] DUBNIČKA, J.: Slučková kvantová teória gravitácie (LQG) (Nová teória časopriestoru?). In: *Jazyk, logika, veda*. Praha: Filosofia 2005.
- [10] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a kvantová gravitácia. In: *Organon F*, 13, 2006, č. 4.
- [11] DUBNIČKA, J.: Teória strún a fyzikálny obraz sveta. In: *Filozofia*, 63, 2008, č. 8.
- [12] EJNŠTEJN, A.: Predslovije k kniže M. Jammer *Concepts of Space*. In: *Sobranije naučnych trudov*, t. IV. Moskva: Nauka 1967.
- [13] GREEN, B.: *Elegantní vesmír. Superstruny, skryté rozměry a hledání finální teorie*. Praha: Mladá fronta 2001.
- [14] GREEN, B.: *Struktura vesmíru. Čas, prostor a povaha reality*. Praha – Litomyšl: Paseka 2006.
- [15] GRÜNBAUM, A.: *Filosofskije problemy prostranstva i vremeni*. Moskva: Progres 1969.

¹³ Zatiaľ však nie je dobre definované ani základné kvantum gravitačného poľa, pretože sa nám nepodarilo objaviť základnú časticu sprostredkujúcu gravitáciu, t. j. gravitón, ani samotné gravitačné vlny.

¹⁴ Budovanie KTG v súčasnosti komplikuje aj objavenie nových ontologických súcién (tmavá hmota a tmavá energia), ktoré podľa najnovších poznatkov tvoria podstatnú časť nášho vesmíru a o ktorých nemáme zatiaľ žiadne poznatky, pokiaľ ide o ich zloženie a štruktúru. Vieme len to, že gravitačne ovplyvňujú pohyb superkôp galaxií a zrýchľujú rozpínanie nášho vesmíru. Tmavá hmota tvorí 19% hmoty vesmíru a tmavá energia dokonca 76% hmoty vesmíru.

- [16] HAWKING, S.: *Vesmír v orechovej škrupinke*. Bratislava: Slovart 2002.
- [17] HAWKING, S. – PENROSE, R.: *Povaha priestoru a času*. Praha: Academia 2000.
- [18] HAWKING, S.: *Ilustrovaná stručná história času*. Bratislava: Slovart 2004.
- [19] HAWKING, S. – MLODINOV, L.: *Ešte stručnejšia história času*. Bratislava: Slovart 2006.
- [20] MOLČANOV, J. B.: *Četyre koncepcie času v filozofii i fyzike*. Moskva: Nauka 1977.
- [21] SMOLIN, L.: *Tri cesty ku kvantovej gravitácii. Úvod do súčasných koncepcii priestoru a času*. Bratislava: Kalligram 2003.
- [22] SMOLIN, L.: *Fyzika v potížich. Vzestup teorie strun, úpadek vědecké metody a co bude dál*. Praha: ARGO 2009.
- [23] TARAROEJEV, Ja. V.: Teoriya strun kak sovremennaja fizičeskaja koncepcija „osnovanija mira“. Gnozeologičeskij i ontologičeskij „srez“. In: *Voprosy filosofii*, 2007, č. 2.
- [24] TARAROEJEV, Ja. V.: Sovremennaja kosmologija – vzgljad izvne. In: *Voprosy filosofii*, 2006, č.
- [25] WHEELER, J. A.: *Einstens vision*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer Verlag 1968 (rusky: *Predvidenije Ejnštejna*. Moskva: Mir 1988).

Príspevok vznikol vo Filozofickom ústave SAV ako súčasť grantového projektu VEGA č. 2/0207/09.

PhDr. Ján Dubnička, CSc.
Filozofický ústav SAV
Klemensova 19
813 64 Bratislava 1
SR
e-mail: filodubj@savba.sk