

TEÓRIA KVANTOVEJ GRAVITÁCIE A TEÓRIA RELATIVITY

Ján DUBNIČKA, Filozofický ústav SAV, Bratislava

DUBNIČKA, J.: The Theory of Quantum Gravitation and the Theory of Relativity
FILOZOFIA 66, 2011, No 4, p. 325

The theory of quantum gravitation, which is designed to unite the general relativity with the quantum field theory into one consistent theory, raises several major problems. The paper examines the limitations posed by general relativity on the efforts to create an ontological basis of the quantum theory of gravitation, which the latter ought to accept. It concerns mainly problems arising from relating the new field theory with the gravitational field in the general theory of relativity, the problems of the autonomy of the space-time with its gravitational masses, as well as the problems of the covariance of the physical equations in the theory of quantum gravitation equations, the former being the consequence of the principle of a general covariance of the general relativity equations.

Keywords: Time – Space-time – Gravitation – Quantum gravitation – Ontology – Field – Space – Relativity – Theory – Theory of relativity

Na začiatku 20. storočia vývoj vedeckého poznania dospel k formovaniu novej paradigmy a neklasického typu racionality, čo sa prejavilo v špeciálnovednom poznaní vznikom kvalitatívne nových vedeckých teórií, ktoré dokázali adekvátnejšie explanovať procesy a javy objektívnej skutočnosti, ale aj explanovať a predikovať nové, ktoré klasická veda svojím kategoriálnym aparátom a metodologickými postupmi nedokázala postihnúť a analyzovať [3]. Vo fyzikálnom poznaní ako odpoveď na vzniknutý stav vo vedeckom poznaní boli vytvorené dve fundamentálne teórie: teória relativity (špeciálna a všeobecná) a kvantová mechanika.

Tieto dve teórie tvoria teoretický základ fyzikálneho poznávania nášho vesmíru.¹ Každá z nich opisuje určitú špecifickú štruktúrnú úroveň vesmíru ako dynamického vyvíjajúceho sa systému, teda len určitú časť celku.²

Špeciálna teória relativity (ŠTR) opisuje inerciálne systémy pohybujúce sa rýchlos-

¹ Pod vesmírom budeme rozumieť tú časť bytia (objektívnej reality, materiálneho sveta), ktorá vznikla big-bangom, vyvíja sa a v súčasnosti sa rozpína. Ide teda o dynamický systém, v ktorom sme v rámci vývoja vznikli aj my ako špecifická štruktúrna úroveň – sociálna forma pohybu hmoty, ktorá má takú úroveň vedomia, že je schopná poznávať seba a okolitý svet (aj vesmír) a vytvárať o ňom vedecké teórie. Samozrejme, uvažujeme o objekte, pod ktorým chápeme len náš vesmír, v ktorom žijeme. Problém iných vesmírov, ktorý vyplýva z inflačnej teórie vesmíru, ponechávame bokom.

² Z hľadiska spôsobov poznávania sme si tento dynamický systém rozdelili na rozličné štruktúrne úrovne: 1. podľa rozmerov skúmaných objektov: mikrosvet, makrosvet, megasvet; 2. podľa foriem pohybu hmoty: fyzikálna, chemická, biologická a sociálna úroveň.

ťou blízkou rýchlosťou svetla. Všeobecná teória relativity (VTR), ktorá je jej zovšeobecnením, opisuje neinerciálne systémy so silným gravitačným poľom. VTR, ktorá zahrnuje do seba prostredníctvom Lorentzových transformácií aj Newtonovu fyziku, ktorá v klasickom type racionality je fyzikou makrosvetu, opisuje štruktúru, pohyb, vývoj a zákonitosti makrosvetu a megasvetu. Je to teória, ktorá v konceptuálnej forme zjednotila dve štruktúrne úrovne nášho vesmíru.

Kvantová teória, ktorá ma v súčasnosti podobu kvantovej teórie poľa (KTP), skúma svet ultramalých rozmerov, teda štruktúrnú úroveň vesmíru, ktorú nazývame mikrosvet. Je to štruktúrna úroveň atómov a elementárnych častíc,³ ktoré tvoria základné „stavebné kamene“ látkových a poľových foriem pohybu hmoty.

Každá z uvedených teórií má svoj špecifický jazyk, princípy, pojmový a kategoriálny aparát, zákony atď. Inými slovami, na opis nášho vesmíru, jeho zákonitostí, foriem pohybu súcien, vývoja atď. na dvoch odlišných štruktúrnych úrovniach zatiaľ používame dve diametrálne odlišné vedecké teórie, ktoré sú nekompatibilné. Ich špecifikum môžeme vyjadriť nasledovne.

VTR je vedeckou teóriou, ktorá opisuje makrosvet a megasvet v konceptuálnej forme klasickej vedy. Môžeme povedať, že je to „teória priestoru, času a vývoja vesmíru“ ([17], 18). VTR však úplne zlyháva, keď ju konfrontujeme so štruktúrnou úrovňou molekúl, atómov a elementárnych častíc, teda s mikrosvetom.

KTP prostredníctvom svojho konceptuálneho aparátu adekvátne opisuje vlastnosti, pohyb a interakcie atómov, elementárnych častíc, ako aj slabej a silnej interakcie, ktorá pôsobí v jadrách atómov. Nevie si však poradiť napríklad s gravitáciou ani s časopriestorom na tejto štruktúrnej úrovni [14]. Vie prostredníctvom empirickej bázy v rámci súčasných technických možností určiť základné charakteristiky elementárnych častíc (hmotnosť, elektrický náboj, bariónový náboj, spin atď.), ale ani na základe svojho konceptuálneho aparátu, ani pomocou základných princíпов a zákonov nevie explanovať tieto vlastnosti a charakteristiky.⁴ Interpretuje ich ako empirické fakty. To znamená, že všetky vlastnosti, charakteristiky a interakcie elementárnych častíc boli získané a namerané experimentálne a experimentálne aj verifikované.

Fascinujúce je to, že obidve teórie nezávisle od seba boli úspešne experimentálne overené a dávajú na súčasnej úrovni technických možností relatívne adekvátne výsledky, explanujú a predikujú mnohé nové javy a procesy, ale každá z nich je vzhľadom na ves-

³ Pod elementárnymi časticami v rámci kvantovej teórie budeme rozumieť súcna, ktoré tvoria základné stavebné kamene atómov a molekúl a sú zodpovedné za základné interakcie medzi nimi. Ich súčasná klasifikácia v rámci fyziky elementárnych častíc zahŕňa niekoľko ich tried, pričom celkový počet zatiaľ objavených elementárnych častíc a ich excitácií už dávno prekročil číslo 500 [16].

⁴ Vysvetľuje sa to tým, že v teórii elementárnych častíc každá častica je interpretovaná ako geometrický bod, teda ako entita nulového rozmeru. To znamená, že základným modelom elementárnych častíc je bodový model, v ktorom všetky fyzikálne vlastnosti častice sú sústredené v nej. Takýto model plne vyhovuje postulátom kvantovej fyziky – všetky elementárne častice spĺňajú princíp korpuskulárno-vlnového dualizmu a princíp neurčitosti. Bodová elementárna častica je neštruktúrovanou a ďalej nedeliteľnou entitou.

mír ako dynamický systém neúplná a ohraničená. Z hľadiska vývoja vedy a vedeckého poznania to môžeme interpretovať ako určitú historicky prechodnú etapu, ktorá nám umožnila formulovať základné zákony, charakteristiky, vlastnosti a vzťahy objektov týchto štruktúrnych úrovní.

Takýto stav sa však v súčasnom fyzikálnom poznaní považuje za problémový a v posledných štyridsiatich rokoch sa intenzívne hľadajú nové koncepcie v oblasti kozmológie, kvantovej fyziky a fyziky elementárnych častíc, zamerané na vytvorenie novej jednotnej teórie vesmíru, tzv. teórie kvantovej gravitácie (TKG). Je zaujímavé, že potreba vytvorenia novej vedeckej teórie, TKG, nevyplývala z experimentálnych odhalení anomálií, ktoré by si vyžadovali vytvorenie novej vedeckej teórie. Ako konštatuje T. Y. Cao, táto potreba vyplynula skôr „z potreby unifikácie (zjednotenia) a neprotirečivosti pri formulovaní vyhovujúceho obrazu fyzikálneho sveta“ ([2], 238). Úlohou takejto teórie je „jednotným jazykom“ opísať objekty, vlastnosti, charakteristiky, vzťahy, vývoj, zákony a zákonitosti nášho vesmíru ako dynamického vyvíjajúceho sa systému. Z uvedeného vyplýva, že by to mala byť teória, ktorá by zmysluplne zjednotila VTR a KTP do novej konzistentnej a vnútorne neprotirečivej teórie TKG.⁵

Na súčasnej úrovni vedeckého poznania sa z metodologického hľadiska črtajú tri základne cesty budovania TKG: 1. vhodným spôsobom rozšíriť VTR na nový ontologický základ tak, aby bola schopná adekvátne a neprotirečivo opísať aj štruktúrnu úroveň mikrosveta; 2. vhodným spôsobom rozšíriť KTP na nový ontologický základ tak, aby bola schopná adekvátne a neprotirečivo opísať štruktúrne úrovne makrosveta a megasveta; 3. vytvoriť zásadne novú ontologickú bázu TKG, ktorá by dokázala adekvátne a neprotirečivo opísať mikrosvet, makrosvet, megasvet, teda náš vesmír, ako dynamický, samoorganizujúci a samovyvíjajúci sa systém. Ako najperspektívnejšia sa javí tretia cesta: vybudovanie zásadne novej ontologickej bázy TKG, v rámci ktorej by sa VTR a KTP na základe určitých všeobecnejších transformácií stali jej limitnými teóriami. Otvorenou zatiaľ zostáva otázka, na akých princípoch takúto ontologickú bázu budovať, inými slovami, ako vybudovať TKG tak, aby vyhovovala základným požiadavkám jej ontologickej bázy a zároveň ohraničeniam, ktoré vyžadujú VTR a KTP [20].

Keďže TKG sa zatiaľ vybudovať nepodarilo a všetky doterajšie pokusy o jej konštrukciu stroskotali, snažia sa niektorí filozofi rozpracúvať základné teoretické a metodologické princípy a kritériá, ktoré by TKG mala rešpektovať a spĺňať ([2]; [19]; [7]; [20]; [24]).

Autori pritom vychádzajú z metodologického predpokladu, že okrem empirickej a teoretickej bázy, je potrebné vytvoriť pre TKG adekvátnu ontologickú bázu, štruktúru ktorej by tvorili fundamentálne východiskové princípy, zákony a kategórie tvoriace jej

⁵ Bolo sformulovaných mnoho zaujímavých teórií, ktoré vychádzajú z rozličných ideí a predpokladov, ale ani jednej sa zatiaľ nepodarilo sformulovať takúto požadovanú a očakávanú logicky konzistentnú a neprotirečivú teóriu. Medzi najznámejšie môžeme zaradiť: gravitačnú teóriu založenú na teórii porúch [17]; teóriu slučkovej kvantovej gravitácie ([17]; [23]); teóriu strún a superstrún ([12]; [10]; [11]); teóriu tvistorov ([21]; [22]).

základný pojmový skelet. Ako zdôrazňuje T. Y. Cao, „výber ontológie je rozhodujúcim momentom pri budovaní teórie. Tento výber neurčuje len bazové podstaty, ktoré musia byť skúmané teóriou, ale diktuje aj teoretickú štruktúru a jej ďalší vývoj v rámci niektorého z jej výskumných programov“ ([2], 241). Nevyhnutnosť ontologického základu teoretických vied zdôrazňuje aj V. Filkorn, ktorý n-úrovňovú ontológiu považuje za ich fundamentálne východisko ([7], 120 – 131).

V krátkosti naznačíme, aká by mala byť vo všeobecnosti štruktúra a funkcia ontologickej bázy vedeckej teórie z metodologického hľadiska: 1. Ontologická báza vedeckej teórie by mala obsahovať tie fundamentálne východiskové kategórie (pojmy) empirickej a teoretickej bázy danej teórie, ktoré sú „autonómnymi základnými podstatami“ ([2], 241). 2. Ontologická báza plní explanačnú a predikčnú funkciu. 3. Ontologická báza obsahuje také podstaty (súcna), ktoré sú navzájom kauzálne späté. 4. Ontologická báza má rešpektovať teoretickú a úrovňovú závislosť ontologického statusu podstat. 5. Ontologická báza má rešpektovať medziúrovňovú spätosť ontológií nižších teórií. 6. Ontologická báza má brať do úvahy štruktúru teoretickej podstaty z hľadiska jej identity. 7. Ontologická báza vedeckej teórie sa nemá vyčerpať jedinou dynamickou podstatou ([2]; [20]).

Z uvedeného vyplýva, že aj TKG ako vedecká teória tvorí vnútorne štruktúrovaný dynamický systém, ktorý má z filozoficko-metodologického hľadiska svoje ohraničenia.

Jedným druhom ohraničenia TKG je spätosť jej ontologickej bázy s ontologickou bázou VTR, ktorá je užšou teóriou a opisuje len určitú štruktúrnú úroveň nášho vesmíru – makrosvet a megasvet. Zaujímá nás, v akom vzťahu by mali byť TKG a VTR.

Podľa nášho názoru TKG ako nová vedecká teória, ktorá je budovaná ako adekvátny konceptuálny obraz vesmíru ako dynamického systému, by mala: 1. explanať všetky procesy a javy, ktoré explanaovala a predikovala VTR; 2. mala by tieto javy a procesy explanať adekvátnejšie ako VTR; 3. mala by navyše explanať javy a procesy, ktoré VTR explanať nedokázala. Inými slovami, z hľadiska princípu korešpondencie sa VTR pri určitých hodnotách niektorých fundamentálnych konštánt stáva určitým spôsobom limitnou teóriou TKG. Tým sa, samozrejme, definuje aj určité ohraničenie tejto teórie.

Ak sa na daný problém pozrieme z hľadiska VTR, tak medzi ontologickou bázou VTR a širšou ontologickou bázou TKG, ktorá prekračuje hranice makrosveta a megasveta do oblasti mikrosveta, musí existovať kauzálna súvislosť. Vzťah medzi VTR a TKG vyžaduje, aby „ontologická štruktúra VTR bola odvoditeľná z ontologickej štruktúry TKG“ [2]. Je to jedno z dôležitých ohraničení TKG, ktoré musíme rešpektovať pri tvorení jej ontologickej bázy. Myslíme si, že v tomto vzťahu týchto teórií je zakomponovaný metodologický princíp korešpondencie.⁶

Ak to skonkretizujeme do fyzikálnej interpretácie, tak vo VTR ide o problém vzťahu gravitácie a časopriestoru. Sú to dve fundamentálne kategórie, ktoré sú súčasťou jadra ontologickej bázy VTR.

⁶ O aký typ korešpondencie pôjde, to bude závisieť od zákonov, ktoré budú tvoriť teoretické jadro TKG.

V ŠTR časopriestoru geometricky zodpovedá štvorrozmerná Minkovského varieta a vo VTR je to Riemanova štvorrozmerná varieta.⁷

Aj pojem gravitácie má v ontologickej báze VTR fundamentálne postavenie. Einstein na základe princípu ekvivalencie definoval „neoddeliteľnosť gravitácie a inercie a zjednotil inerciálno-gravitačné a chrono-geometrické štruktúry časopriestoru“ ([2], 247). Z ontologického aspektu 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.

Vzniká tu však ďalší problém. V matematickom vyjadrení rovnica gravitačného poľa vždy vyjadruje jednotu gravitácie a časopriestoru, čo znamená, že časopriestor vo VTR nie je samostatnou nezávislou entitou, ale je spätý s materiálnymi objektmi (súcami), ktoré majú vplyv na jeho metrické a topologické vlastnosti a charakteristiky.

Ohraničenia, ktoré má rešpektovať TKG vzhľadom na VTR, môžeme formulovať takto: 1. TKG ako nová teória poľa s nekonečným počtom stupňov voľnosti musí vygenerovať všetky podstatné črty VTR. 2. TKG by nemala predpokladať autonómnosť časopriestoru s fixovanými materiálnymi štruktúrami, t. j. gravitačnými masami. 3. TKG by mala využiť ideu kovariantnosti fyzikálnych rovníc TKG, ktorá vyplýva z princípu všeobecnej kovariantnosti rovníc VTR.⁸

Pokúsme sa tieto tri typy ohraničení analyzovať hlbšie a zdôvodniť ich opodstatnenosť z metodologického aspektu. VTR je teóriou makrosveta a megasveta. TKG má byť teóriou vesmíru ako dynamického systému, teda makrosveta, megasveta a mikrosveta ako jediného celku. Ontologická báza VTR je z hľadiska explanačného a predikčného rozsahu užšia ako ontologická báza TKG. To znamená, že VTR je z hľadiska svojej explanačnej a predikčnej sily slabšia ako TKG, pretože explanačne a predikuje javy a procesy len na štruktúrnej úrovni makrosveta a megasveta, pričom k javom a procesom mikrosveta je indiferentná. Z uvedeného vyplýva, že TKG, ktorá má opisovať náš vesmír ako dynamický vyvíjajúci sa systém, by mala adekvátne explanačne a predikovať okrem javov a procesov makrosveta a megasveta aj procesy mikrosveta. Môžeme povedať, že z hľadiska VTR ide o rozšírenie jej ontologickej bázy o ontologickú bázu TKG tak, aby si táto zachovala schopnosť plniť aj funkciu ontologickej bázy VTR. Mezi ontologickou bázou

⁷ Vlastnosti vzťahujúce sa na jednu triedu vlastností fyzikálnych objektov nazývame fyzikálnou variétou. Jednou zo základných vlastností týchto objektov je ich časopriestorové určenie, t. j. časopriestorová poloha. Priradenie množiny čísel fyzikálnej variéte nazývame parametrizáciou variéty. Polohe objektu v časopriestore, ktorú považujeme za fyzikálnu udalosť, priradíme štyri čísla, z ktorých tri označujú polohu v priestore a jedno jeho polohu v časovom rade. Hovoríme, že variéta časopriestorových polôh je parametrizovaná variétou systémov, z ktorých každý sa skladá zo štyroch čísel.

⁸ Ďalšie ohraničenia KTG súvisia s KTP. Keďže tento problém v tejto štúdiu neriešime, uvedieme pre úplnosť len základné tézy vzťahujúce sa na danú tému: 1. Ontologická báza KTG bude obsahovať globálne dynamické pole, ktoré konštantne fluktuuje (kvantové fluktuácie). 2. Toto pole je lokálne excitované (vzburené) a z hľadiska svojej podstaty kvantové. 3. KTG musí mať dostatočne široké východiská, aby zdôvodnila základné pojmy konceptuálnej štruktúry KTP.

VTR a ontologickou bázou TKG musí potom existovať určitý vzťah korešpondencie, čo znamená, že TKG, ktorú považujeme za novú teóriu poľa⁹ s nekonečným počtom stupňov voľnosti, musí vygenerovať všetky podstatné črty VTR. Keďže VTR a TKG sú teórie rôznych, ale prekrývajúcich sa štruktúrnych úrovní nášho vesmíru, mala by existovať určitá medziúrovňová súvislosť ich ontologických báz, ktorá vyžaduje, „aby ontologická štruktúra VTR bola odvoditeľná z ontologickej štruktúry TKG“ ([2], 245).¹⁰

VTR v porovnaní s Newtonovou fyzikálnou teóriou zásadne zmenila vzťah k časopriestorovej variete. Kým v Newtonovej teórii je časopriestor nezávislý od javov a procesov, ktoré v ňom prebiehajú, VTR zaangažovala časopriestor do fyzikálneho diania, čo veľmi výstižne vyjadril J. Wheeler: „Geometria predurčuje zákony 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“ ([18], 18). Nový pohľad na priestor a čas a v ich jednote na časopriestor zásadne zmenil aj pohľad na ich metrické a topologické vlastnosti.¹¹

Z uvedeného vyplýva metodologický záver, že VTR je v porovnaní s Newtonovou fyzikálnou teóriou adekvátnejšou teóriou makrosveta. Jej prínosom je práve zjednotenie priestoru a času do jednotnej časopriestorovej variety. Preto TKG, ktorá je teóriou všetkých troch úrovní nášho vesmíru – makrosvet, megasvet a mikrosvet –, bude adekvátnejšou teóriou makrosveta a mikrosveta ako VTR.

Ďalším ohraničením, ktoré bude musieť TKG rešpektovať z aspektu VTR, je vzájomná spätosť gravitačného poľa so štruktúrou časopriestoru. Geometrické vlastnosti časopriestoru sú vo VTR určované rozmiestnením gravitačných más, pričom geometria časopriestoru sa týmto rozmiestnením neurčuje. Kým v Newtonovej fyzikálnej teórii sú priestor a čas, teda časopriestor, ontologicky prvotné, ale vo vzťahu k materiálnym objektom a procesom indiferentné, vo VTR medzi materiálnymi objektmi danej štruktúrnej úrovne vesmíru a časopriestorom, v ktorom sa nachádzajú, existuje vzájomná súvislosť. Časopriestor spolu s materiálnymi objektmi a procesmi vytvárajú jeden dynamický systém, v ktorom existuje medzi nimi vzájomné pôsobenie. V rámci VTR zabezpečujú túto jednotu dynamického systému tri základné východiskové princípy: princíp ekvivalencie (PE), Machov princíp (MP) a princíp všeobecnej kovariantnosti (PVK).

⁹ Keď hovoríme o TKG ako o teórii poľa, chápeme ju ako teóriu gravitačného poľa, ktoré je kvantovateľné. Preto presnejšie môžeme hovoriť o kvantovej teórii gravitačného poľa. Základným problémom je zatiaľ určenie fundamentálnej jednotky – kvanta tohto poľa. Hypoteticky by to mala byť elementárna častica – gravitón, ktorú predikuje VTR, ktorá ale zatiaľ nebola experimentálne detegovaná (podobne ako gravitačné vlny), preto nemožno ani empiricky určiť ich charakteristické vlastnosti. Elementárna častica gravitón je podľa súčasnej teórie elementárnych častíc zodpovedná za gravitačnú interakciu.

¹⁰ Pri takomto prístupe z historického hľadiska ide o ďalšie rozšírenie a prehĺbenie vedeckej teórie v triáde Newtonova klasická teória – VTR – KTG. V tomto zmysle musí byť v rámci TKG odvoditeľná aj Newtonova klasická fyzikálna teória, čo vyplýva zo zákona tranzitívnosti.

¹¹ Metrické vlastnosti priestoru: rozpriestranenosť, homogénnosť, izotropnosť. Metrická vlastnosť času: homogénnosť. Topologické vlastnosti priestoru: rozmernosť, spojitosť, súvislosť, usporiadanosť. Topologické vlastnosti času: rozmernosť, spojitosť, súvislosť, usporiadanosť, anizotropnosť.

Jedným zo základných princípov VTR, ktorý by v nejakej forme mal byť zachovaný v TKG, je PE, ktorý zjednocuje gravitáciu a inerciu a je explanovaný prostredníctvom afinných vzťahov. Tento princíp umožnil vo VTR zjednotiť inerciálno-gravitačné a chrono-geometrické štruktúry časopriestoru. V tomto smere, ako sme už uviedli, sa ale vyskytujú dve ontologicky odlišné alternatívy interpretácie tohto zjednotenia: 1. Gravitáciu môžeme interpretovať ako prejav štruktúry časopriestoru, teda geometricky. 2. Gravitáciu môžeme interpretovať ako gravitačné pole, teda ako silové pôsobenie medzi gravitačnými masami, ktoré určujú geometriu časopriestoru. A. Einstein sa priklonil k prvej interpretácii, podľa ktorej je ontologicky fundamentálnejšia afinná súvislosť (vzťah). Diskusiu v súčasnosti vyvoláva vzťah metrického tenzora a afinnej súvislosti.¹² V Newtonovej fyzikálnej teórii kinematická štruktúra priestoru nemá vzťah k dynamike systémov, ktoré sa explanujú v tomto priestore. Zákony, ktoré explanujú príčiny dynamiky systémov, sú odtrhnuté od daného časopriestoru. Vyplýva to, ako sme uviedli vyššie, z absolútosti a nezávislosti časopriestoru od materiálnych objektov. Preto by TKG mala akceptovať aj zjednotenie inerciálno-gravitačných a chronogeometrických štruktúr časopriestoru. To znamená, že TKG by nemala predpokladať autonómnosť časopriestoru vo vzťahu k striktno fixovaným štruktúram, t. j. ku gravitačným masám.

Ďalej by TKG mala nejakým spôsobom do svojej bázy ontológie zapracovať MP, podľa ktorého všetko vo vesmíre vrátane zotrvačných síl závisí len od vzájomných pohybov a vzájomných pôsobení materiálnych objektov. T. Y. Cao to spresňuje takto: „Inercia alebo inerciálne systémy¹³ musia byť odvoditeľné z kauzálnych vzájomných pôsobení materiálnych objektov“ ([2], 247). Môžeme povedať, že MP zaviedol do VTR pojem hmoty, obohatil chápanie podstaty časopriestoru a podporil relativistický prístup.

Tretím princípom, ktorý by mala TKG vo svojej bázy ontológii akceptovať, je princíp PVK. Princíp kovariantnosti vo VTR zabezpečuje, že dynamické rovnice pri ľubovoľnej transformácii súradníc nemenia svoj tvar, čo znamená, že si zachovávajú svoju štruktúru. Niektorí autori sa nazdávajú, že A. Einstein práve zavedením PVK odstránil dvojzmyselnú interpretáciu gravitácie. Ale čo je dôležitejšie, svojou rovnicou gravitačného poľa stanovil dynamiku časopriestoru. Vo VTR sú časopriestorové vzťahy určované metrickým tenzorom. Keďže časopriestor je vo VTR úzko spätý s hmotou – gravitačné masy, gravitačné vlny, gravitačné pole atď. –, metrický tenzor podlieha časovým zmenám, teda je dynamický a vyjadruje kauzálne vzájomné pôsobenie medzi konkrétnymi materiálnymi štruktúrami. Inými slovami, gravitačné masy a gravitačné pole budú meniť

¹² Afinné štruktúry a vzťahy skúma afinná geometria. Medzi takéto štruktúry patria body, priamky a roviny v euklidovskom priestore. Skúma sa ich vzájomná poloha: rovnobežnosť, rôznobežnosť, spoločné body, ktoré sú určené množinou troch usporiadaných trojíc reálnych čísel v rámci afinnej súradnicovej sústavy $[O, \mathbf{e}_i]$, kde O je začiatok súradnicovej sústavy a \mathbf{e}_i pre $i = 1, 2, 3$ je vektorová báza súradnicovej sústavy, kde vektory $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ sú lineárne nezávislé vektory.

¹³ Pod inerciálnym systémom rozumieme taký súradnicový systém, v ktorom materiálny objekt ponechaný sám na seba sa pohybuje lineárne a rovnomerne. Ak sa takéto systémy vzhľadom na seba pohybujú lineárne a rovnomerne, tak zákony fyziky platia rovnako vo všetkých týchto systémoch. Inými slovami, všetky inerciálne systémy sú rovnoprávne.

charakter časopriestoru, a teda aj charakteristiky metrického tenzora.

Vo vzťahu k metrickému tenzoru vzniká niekoľko otázok. Pokúsme sa niektoré z nich naznačiť.

V ľubovoľnej geometrii je jednou z dôležitých charakteristík určenie vzdialenosti medzi dvoma rôznymi bodmi daného priestoru alebo časopriestoru. Vzdialenosť medzi dvoma rôznymi bodmi môžeme určiť vtedy, keď máme definovanú súradnicovú sústavu. „Ak je nám známy tvar funkcie, ktorá spája vzdialenosť so súradnicami, je tým určená metrika priestoru“ ([13], 383). Napríklad v euklidovskej geometrii má táto funkcia tvar

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2.$$

V ŠTR pre štvorrozmerný pseudoeuklidovský časopriestor bude mať táto funkcia tvar

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2,$$

kde s je vzdialenosť medzi dvoma rôznymi bodmi daného časopriestoru, x_1, x_2, x_3 , sú priestorové súradnice a x_4 je časová súradnica daných bodov. Častejšie sa stretne so zápisom tejto funkcie v tvare

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2.$$

Na základe všeobecného matematického vyjadrenia môžeme „zaviesť všeobecný výraz funkcie vzdialenosti pre rozličné priestory s rozličnými definíciami metriky“ ([13], 383).

Ak prejdeme od Euklidovej geometrie k iným geometriám, tak jednotlivé diferenciály nebudú mať len kvadratickú formu v tvare dx_μ^2 , ale aj formou $dx_\mu dx_\nu$, čo je súčin dvoch rozličných diferenciálov súradníc s rozličnými koeficientmi. Ak označíme koeficienty g s dvoma indexami, ktoré zodpovedajú indexom vynásobených diferenciálov súradníc, ako $g_{\mu\nu}$, tak funkcia, ktorá vyjadruje závislosť vzdialeností od rozdielov súradníc vo všeobecnom vyjadrení pre rozličné druhy súradníc, teda nielen pre pravouhlé súradnice, bude mať tvar

$$Ds^2 = \sum_{\mu, \nu=1}^3 g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu.$$

Pre VTR pri kosohlej súradnicovej sústave dostaneme desať koeficientov $g_{\mu\nu}$, ktoré určujú metriku priestoru a tvoria základný metrický tenzor pre štvorrozmerný časopriestor – štvorrozmernú varietu:

$$g_{11} \ g_{12} \ g_{13} \ g_{14}$$

$$g_{21} \ g_{22} \ g_{23} \ g_{24}$$

$$g_{31} \ g_{32} \ g_{33} \ g_{34}$$

$$g_{41} \ g_{42} \ g_{43} \ g_{44}$$

Keďže $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$, dostávame desať rôznych koeficientov, ktoré nám umožňujú v každom štvorrozmernom časopriestore určiť vzdialenosť medzi dvoma nekonečne blízkymi bodmi, t. j. určiť invariantné vlastnosti nezávislé od výberu súradnicového systému, okrem vonkajších vlastností, ktoré sa menia pri súradnicových transformáciách ([13], 384 – 385).

Vzniká tu však zásadný problém. Ako zovšeobecniť formu metrického tenzora tak,

aby TKG bola schopná v určitej forme vyjadriť vzdialenosti medzi materiálnymi objektmi aj v oblasti mikrosveta? Problém spočíva v tom, že v súčasných teóriách mikrosveta sa spochybňuje univerzálnosť časopriestorového opisu vesmíru. Alebo presnejšie, pojmy priestoru a času makrosveta a megasveta, aplikované na mikrosvet vedú k paradoxom. Ako konštatuje A. M. Mostepanenko „obvyklé priestoročasové predstavy, ktoré používa (kvantová mechanika – J. D.), nevzťahujú sa na pohyb mikroobjektov ako takých, ale na ich makroskopické pozorovanie v makropriestore a makročase“ ([15], 136). Ako ukazuje Heizenbergov princíp neurčitosti,¹⁴ zaviesť do KTP metrický tenzor na súčasnej úrovni vedeckého poznania nevieme. Na základe univerzálnosti časopriestorových vzťahov sa prikláňame k názoru, že na mikroúrovni existuje špecifická forma časopriestoru, ktorá sa kvalitatívne líši od časopriestoru VTR – makrosveta a megasveta –, a preto má aj špecifickú metriku a topológiu. Toto ohraničenie TKG VTR sa zatiaľ ukazuje ako neprekonateľné.

Ako vyplýva zo VTR, gravitačné pole patrí medzi základné fyzikálne polia. Vzniká však otázka: Je gravitačné pole autonómnou a ontologicky prvotnou podstatou, alebo je produkované gravitačnými masami? Z hľadiska teórie veľkého tresku sa gravitačná interakcia oddelila ako prvá pri vzniku nášho vesmíru v čase $t = 10^{-43}$ s. a s energiou častíc 10^{19} GeV. Pri takejto interpretácii je gravitačné pole považované za špecifický stav nejakej „superinterakcie“, ktorá sa pod hranicou $t = 10^{-43}$ s. a energie častíc 10^{19} GeV. prejavuje na úrovni mikrosveta, makrosveta a megasveta ako gravitačná interakcia. Je teda len jedným z prejavov tejto „superinterakcie“, ktorá sa za iných podmienok prejavuje ako elektromagnetická, silná jadrová a slabá jadrová interakcia. Ale KTP sa gravitačným poľom v podstate nezaobrá. To znamená, že TKG musí gravitačné pole zakomponovať do svojej ontologickej bázy, pretože sa považuje za jedno z polí, ktoré sa podieľajú na formovaní štruktúry nášho vesmíru. Otvorený zostáva aj problém vzájomného pôsobenia gravitačného poľa s inými fyzikálnymi entitami – poľami a objektmi. Ide predovšetkým o existenciu a pôsobenie tohto poľa v rámci mikrosveta.

Ďalším problémom v TKG je vzťah gravitačného poľa k časopriestoru a k jeho inerciálno-gravitačnej a chrono-geometrickej štruktúre, a to na takej zovšeobecnenej úrovni, že je schopná tieto vzťahy opísať vo vesmíre ako dynamickom systéme. Ide o také zovšeobecnenie MP, že časopriestor a jeho inerciálnogravitačná a chronogeometrická štruktúra je tvorená priamo gravitačným poľom a zodpovedajúcim metrickým poľom, ktoré sú vo vzájomnom pôsobení s ostatnými fyzikálnymi poliami. Z toho vyplýva, že ako prvotné existujú fyzikálne polia a látkové formy objektov sú vytvárané existujúcimi typmi fyzikálnych polí: jadrá atómov silnou jadrovou interakciou, atómy a molekuly elektromagne-

¹⁴ Heisenbergove vzťahy neurčitosti môžeme vyjadriť formou:
 $\Delta x \Delta p_x \geq h/4\pi$; $\Delta y \Delta p_y \geq h/4\pi$; $\Delta z \Delta p_z \geq h/4\pi$; $\Delta E \Delta t \geq h/4\pi$,
kde Δx , Δy , Δz – sú neurčitosti priestorových súradníc častice.
 Δp_x , Δp_y , Δp_z sú neurčitosti projekcií jej impulzu na osi súradníc;
 h je Planckova konštanta, $\hbar = h/4\pi$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.
 ΔE je neurčitosť energie častice;
 Δt je neurčitosť časovej súradnice.

tickou interakciou, planéty, hviezdy a galaxie gravitačnou interakciou. Základnými ontologickými entitami v rámci vesmíru budú teda známe, ale aj zatiaľ nepoznané fyzikálne polia (napr. torzné pole fyzikálneho vákua).

Ak sa pokúsime na záver zhrnúť niektoré aspekty ohraničenia TKG VTR, môžeme konštatovať že ontologická báza TKG musí mať určitým spôsobom zakomponované časopriestorové vzťahy vesmíru ako dynamického a vyvíjajúceho sa systému. Mala by umožniť určiť metrický tenzor a jeho dynamiku vzhľadom na dynamiku samého vesmíru, pretože prostredníctvom neho vieme určiť typ geometrie, ktorá je adekvátna práve pre danú štruktúrnú úroveň vesmíru. Konceptuálna štruktúra TKG ako teoretický model nášho vesmíru by mala v určitej jazykovej forme, na určitom historickom stupni adekvátnosti opisovať, vysvetľovať a predikovať javy a procesy tejto reálnej štruktúry. Keďže tento konceptuálny model je len zjednodušeným obrazom nášho vesmíru, nie je schopný vyjadriť celú podstatu jeho bytia v celej totalite. To znamená, že aj ontologická báza TKG bude len historickým vyjadrením súčasného stavu vývinu vedeckého poznania. Bude však adekvátnejším obrazom nášho vesmíru, než aký nám podáva VTR.

LITERATÚRA

- [1] ACHUNDOV, V. M.: *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] ČERNÍK, V. – VICENÍK, J. – VIŠŇOVSKÝ, E.: *Historické typy racionality*. Bratislava: IRIS 1997.
- [4] DAVIES, P. C.: Kvantová gravitace: sjednocený model reality? In: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, roč. 31, č. 3, 1986.
- [5] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a teória strún. In: *Používanie, interpretácia a význam jazykových výrazov*. Bratislava: Veda 2004.
- [6] DUBNIČKA, J.: Slučková kvantová teória gravitácie (LQG) (Nová teória časopriestoru?). In: *Jazyk, logika, veda*. Praha: Filosofia 2005.
- [7] DUBNIČKA, J.: Priestor, čas a kvantová gravitácia. In: *Organon F*, 13, č. 4, 2006.
- [8] DUBNIČKA, J.: Teória strún a fyzikálny obraz sveta. In: *Filozofia*, 63, č. 8, 2008.
- [9] FILKORN, V.: *Obrazy vedy. Veda o vede*. Bratislava: IRIS 2009.
- [10] GREEN, B. R.: *Elegantní vesmír. Superstruny, skryté rozměry a hledání finální teorie*. Praha: Mladá fronta 2001.
- [11] GREEN, B. R.: *Struktura vesmíru. Čas, prostor a povaha reality*. Praha – Litomyšl: Paseka 2006.
- [12] GREEN, M. B. – SCHWARZ, J. H. – WITTEN, E.: *Teorija superstrun I, II*. Moskva: Mir 1990.
- [13] KUZNECOV, B. G.: *Od Galileiho po Einsteina*. Bratislava: Pravda 1975.
- [14] MOSTEPANENKO, A. M.: *Problema universalnosti osnovnyh svojstv prostranstva i vremeni*. Leningrad: Nauka 1969.
- [15] MOSTEPANENKO, A. M.: *Priestor a čas v makrosвете, megasвете a mikrosвете*. Bratislava: Pravda 1977.
- [16] Particle Physics Booklet, Available from LBNL and CERN, Berkeley, Geneva 2002.
- [17] SMOLIN, L.: *Tri cesty ku kvantovej gravitácii. Úvod do súčasných koncepcií priestoru a času*. Bratislava: Kalligram 2003.
- [18] WHEELER, J. A.: *Einstens vision*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer Verlag 1968 (rusky: *Predvidenije Ejnštejna*. Moskva: Mir 1988).

- [19] CECHMISTRO, I. Z.: *Cholističeskaja filosofija nauki*. Sumy, Universitetskaja kniga 2002.
- [20] DUBNIČKA, J.: Filozofické a metodologické problémy teórie kvantovej gravitácie. In: *Filozofia*, 64, 2009, č. 7.
- [21] HAWKING, S.: *Vesmír v orechovej škrupinke*. Bratislava: Slovart 2000.
- [22] HAWKING, S. – PENROSE, R.: *Povaha priestoru a času*. Praha: Academia 2000.
- [23] SMOLIN, L.: *Fyzika v potíživ. Vzestup teorie strun, úpadek vědecké metody a co bude dál*. Praha: ARGO/DOKOŘÁN 2009.
- [24] TARAROEJEV, J. V.: Teorija strun kak sovremennaja fizičeskaja koncepcija „osnovanija mira“. Gnozeologičeskij i ontologičeskij „srez“. In: *Voprosy filosofii*, 2007, 2.

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

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