

TEÓRIA KVANTOVEJ GRAVITÁCIE A KVANTOVÁ TEÓRIA POĽA

JÁN DUBNIČKA, Filozofický ústav SAV, Bratislava

DUBNIČKA, J.: The Theory of Quantum Gravitation and Quantum Field Theory
FILOZOFIA 66, 2011, No 8, p. 755

The paper sheds light from philosophical and methodological points of view on limitations, imposed on the building of the ontological basis of the theory of quantum gravitation by the quantum field theory: 1. this basis necessarily has to be a constantly fluctuating global dynamic field; 2. the field has to be locally excited and of quantum character, i.e. with local excitations subordinated to the principle of indeterminacy and the principle of canonic relationship between commutativity and noncommutativity; 3. sufficient theoretical grounds are needed so that quantum theory of gravitation could justify the basic concepts of the structure of the quantum field theory. The analysis of these limitations should show which fundamental concepts and categories of the quantum field theory could in their transformed forms become a part of the ontological basis of the theory of quantum gravitation.

Keywords: Field – Quantum – Quantum field – Quantum fluctuation – Space-time variety – Physical vacuum – Principle of indeterminacy – Principle of superposition – Principle of canonic relationship between commutativity and noncommutativity – Principle of complementarity

Dvadsiate storočie sa stalo ďalším prelomovým bodom vo vývoji vedeckého poznania. Formuje sa nová vedecká paradigma, ako aj neklasický typ vedeckej racionality ako dôsledok preniknutia empirických metód vedeckého poznávania na nové štruktúrne úrovne objektívnej reality, ako sú mikrosvet a megasvet. Pri skúmaní týchto úrovní boli objavené také materiálne štruktúry, ich vlastnosti a zákonitosti, ktoré klasická veda nedokázala explanovať a v rámci svojho konceptuálneho systému ani predikovať [7]. Sformovali sa dve nové fundamentálne fyzikálne teórie – teória relativity (špeciálna a všeobecná), ktorá relatívne adekvátne opisuje makrosvet a megasvet, a kvantová teória, ktorá relatívne adekvátne opisuje mikrosvet. Každá z nich vytvorila svoj špecifický konceptuálny systém – jazyk, princípy, pojmový a kategoriálny aparát a formulovala aj príslušné zákony. A tak v poznávaní nášho vesmíru vznikla zaujímavá, ale v určitom zmysle dosť netypická situácia. Na opis nášho vesmíru ako dynamického systému používame dve diametrálne odlišné a nekompatibilné vedecké teórie. Aj keď obidve teórie boli úspešne experimentálne overené a dávajú na súčasnej úrovni technických a teoretických možností (matematický aparát) relatívne adekvátne výsledky, explanojú a predikujú mnohé nové štruktúry, obidve sú vzhľadom na vesmír ako dynamický systém neúplné a ohraničené. „Ale vesmír je jednotný, jeden, a preto sú celkom prirodzené snahy opísať jednotu všetkého, teda vytvoriť akúsi celovesmírnu mechaniku. Keby sa to podarilo, ukončila by sa jedna gigantická epo-

cha vedy a začali by sa odkrývať ešte hlbšie úrovne vesmíru“ ([20], 183). To je aj dôvod, prečo sa v oblasti kozmológie, kvantovej fyziky a fyziky elementárnych častíc intenzívne hľadá nová teória, ktorá by jednotným konceptuálnym systémom dokázala opísať štruktúry, vlastnosti, vzťahy, vývoj a zákony vesmíru ako dynamického vyvíjajúceho sa systému. Takouto teóriou by mala byť teória kvantovej gravitácie.

Pri výstavbe teórie kvantovej gravitácie (TKG) ide o zmysluplné a konzistentné zjednotenie všeobecnej teórie relativity (VTR) a kvantovej teórie poľa (KTP), čo nám umožní jednotným jazykom opísať náš vesmír ako celostný dynamický systém. Obidve uvedené teórie kladú budovaniu takejto teórie určité ohraničenia, pretože nová teória by mala adekvátne explanovať a predikovať aj tie javy, ktoré explanujú a predikujú obidve spomínané teórie.

* * *

Na úvod v krátkosti zrekapitulujeme základné závery, ku ktorým sme dospeli pri skúmaní filozoficko-metodologických problémov budovania TKG.

V štúdií [13] sme uviedli, aká by mala byť štruktúra ontologickej bázy TKG z metodologického hľadiska. Uvedieme v krátkosti jej najzákladnejšie charakteristiky.

Ontologická báza by mala:

1. obsahovať tie fundamentálne východiskové kategórie (pojmy) empirickej a teoretickej bázy danej teórie, ktoré sú „autonómnymi základnými podstatami“ ([5], 241);
2. plniť explanačnú a predikčnú funkciu;
3. obsahovať také podstaty (súcna), ktoré sú kauzálne navzájom späté;
4. rešpektovať teoretickú a úrovňovú závislosť ontologického statusu podstát;
5. rešpektovať úrovňovú spätosť ontológií nižších (užších) teórií;
6. brať do úvahy štruktúru teoretických podstát z hľadiska ich identity;
7. nemala by sa vyčerpáť jedinou dynamickou podstatou ([13], 662 – 663).

V štúdií [14] sme sa pokúsili analyzovať ohraničenia, ktoré pre TKG vyplývajú zo VTR.

Môžeme ich formulovať nasledovne:

1. TKG ako nová teória poľa s nekonečným počtom stupňov voľnosti by mala generovať všetky podstatné črty a vlastnosti 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 ([14], 329, 334).

Z uvedeného vyplýva, že ontologická báza TKG by mala mať určitým spôsobom zkomponované časopriestorové vzťahy vesmíru ako dynamického a vyvíjajúceho sa systému. Mala by umožňovať definíciu metrického tenzora a jeho dynamiku vzhľadom na dynamiku samého vesmíru, pretože jeho prostredníctvom vieme určiť geometriu, ktorá je adekvátna práve pre danú štruktúrnú úroveň vesmíru. To znamená, že konceptuálny systém TKG ako teoretický model nášho vesmíru by mal v určitej jazykovej forme (matematické štruktúry) na určitom historickom stupni adekvátnosti opisovať, explanovať a predikovať

javy, procesy aj z hľadiska gravitačnej interakcie tejto objektívnej a reálnej genetickej štruktúry.

* * *

V ďalšej časti práce sa zameriame na ohraničenia, ktoré pri budovaní ontologickej bázy TKG kladie KTP v jej relativistickej interpretácii ([4]; [17]). Analýza týchto ohraničení by mala ukázať, ktoré fundamentálne pojmy (kategórie) a princípy tejto teórie budú v tej-ktorej transformovanej forme vchádzať do štruktúry ontologickej bázy TKG.

KTP má dobre vybudovaný konceptuálny systém s rozvinutým matematickým aparátom, ktorý nám na súčasnej úrovni vedeckého poznania relatívne adekvátne opisuje a predpovedá štruktúry, ich vlastnosti, vzťahy a interakcie na úrovni mikrosвета. Tieto opisy a predikcie sú v dobrej zhode s výsledkami súčasných experimentov.

Keďže lepšiu teóriu mikrosвета v súčasnosti nepoznáme, nevyhnutne ju musíme pri budovaní TKG akceptovať. To však vyžaduje preniknúť hlbšie do podstaty konceptuálneho aparátu KTP a ujasniť si, aká je jej ontologická báza. To znamená ujasniť si, aké ontologické objekty (štruktúry) mikrosвета, ich vlastnosti, vzťahy a zákonitosti, pojmy kategórie a princípy tejto teórie opisujú.

Medzi fundamentálne kategórie ontologickej bázy KTP patria „pole“, „kvant“, „kvantové pole“, „časopriestorová varieta“. Ďalej do nej zaradíme základné princípy KTP: princíp superpozície, princíp neurčitosti, princíp determinizmu a kauzálny princíp.¹

Prvou fundamentálnou kategóriou KTP je kategória „pole“. Z hľadiska súčasného vedeckého poznania interpretujeme tento pojem v dvoch významoch: a) vo filozofickom, b) v špeciálnovednom.

Z filozoficko-metodologického (ontologického) hľadiska pod „poľom“ budeme rozumieť určitú špecifickú formu pohybu hmoty, ktorá má: a) reálnu existenciu, b) realizuje vzájomné pôsobenie medzi materiálnymi objektmi, c) môžeme ju empiricky skúmať.

Z ontologického aspektu ide teda o materiálny objekt, ktorý je štruktúrnou súčasťou objektívnej reality a má reálnu, od nášho vedomia nezávislú existenciu. Tento objekt je vo vzájomnom pôsobení s inými materiálnymi objektmi: medzi poľom a inými materiálnymi objektmi sa realizuje určitý typ vzájomného pôsobenia, napríklad gravitačné pole a svetelné lúče; samotné pole realizuje vzájomné pôsobenie medzi materiálnymi objektmi, napr. gravitačné pole medzi galaxiami, hviezdami a planétami. Toto vzájomné pôsobenie môžeme empiricky skúmať.

V špeciálnovednom význame budeme pod kategóriou „pole“ rozumieť jej zastúpenie v konceptuálnom systéme jednotlivých fyzikálnych vied, kategóriu, ktorá vyjadruje vzájomné pôsobenie medzi materiálnymi fyzikálnymi objektmi (elektromagnetické pole, gravitačné pole atď.).

¹ Konceptuálny systém KTP obsahuje aj ďalšie princípy, ktoré sú úzko späté s jej fundamentálnymi princípmi: princíp konštantnej rýchlosti svetla, ktorý patrí medzi fundamentálne princípy ŠTR, princíp najmenšieho účinku, ktorý je spätý so základnou ontologickou kategóriou KTP, „kvantom“, princíp najväčšej pravdepodobnosti spätý s princípom neurčitosti, princíp virtuálnych pohybov, princíp zachovania energie, Pauliho princíp atď.

Z hľadiska našej témy nás bude zaujímať reálne fyzikálne pole, jeho konkrétne formy a možnosť jeho opisu v existujúcich matematických štruktúrach. Podľa ontického charakteru polí môžeme ich v podstate deliť na: a) materiálne, ktoré majú svoje ontologické bytie v realite; b) abstraktné, ktoré sú výsledkom racionálnej činnosti človeka a sú súčasťou konceptuálnych systémov opisujúcich štruktúru, vlastnosti a charakteristiky reálnych materiálnych polí: vektory – vektorové pole, metrika – metrické pole, skalár – skalárne pole, spin – spinové pole, tenzor – tenzorové pole atď.²

Pojmy, kategórie, princípy KTP sú abstraktné entity, ktoré patria do jej konceptuálneho systému. Vypovedáme nimi len o určitej časti, o určitých vlastnostiach a vzťahoch objektívnej reality. Preto každý pojem v konceptuálnom systéme ontologickej bázy KTP opisuje len tie vlastnosti, charakteristiky a vzťahy, ktoré na súčasnej úrovni vedeckého poznania reálnych objektov vieme určiť a vyjadriť v tomto konceptuálnom systéme.

Na druhej strane si musíme uvedomiť, že v konceptuálnom systéme nielen odrážame, opisujeme štruktúru, vlastnosti, charakteristiky vzťahy a zákonitosti reálnych objektov, ale konštruujeme „obrazy“ týchto objektov ako „ontologické kategórie“ týchto objektov, ktoré sú vždy neúplné a historicky dočasné, ale nevyhnutné pri vytváraní relatívne adekvátnych obrazov reálnych objektov na súčasnej úrovni vedeckého poznania. Preto každá ich absolutizácia vedie k deformácii týchto obrazov [16].

Z povedaného vyplýva, že súcna mikrosвета v rámci KTP interpretujeme ako určitú formu konkrétneho poľa, ktoré má vždy nejakú štruktúru, v ktorej sme schopní identifikovať nejaké relatívne základné prvky ako jeho konštitutívne entity s ich špecifickými vlastnosťami a charakteristikami určujúcimi charakter tohto poľa. Tieto polia sú v neustálom pohybe a majú svoju špecifickú dynamiku.

Ďalšou fundamentálnou kategóriou ontologickej bázy KTP je pojem kvantu. Táto kategória je úzko spätá s filozofickou kategóriou vzájomného pôsobenia.³

Na filozoficko-metodologickej úrovni vychádzame z princípu, podľa ktorého ľubovoľné dva materiálne objekty v objektívnej realite vždy na seba priamo alebo sprostredkovane vzájomne pôsobia. Z tohto princípu vyplýva, že všetky materiálne objekty na rôznych štruktúrnych úrovniach reality v danom dynamickom systéme na seba vzájomne pôsobia. To znamená, že každý materiálny objekt nejakým spôsobom pôsobí na iný materiálny objekt a je príčinou jeho „zmeny“ – zmeny stavu, kvality, kvantity atď. Kategória „vzájomné pôsobenie“ je „nevyhnutným predpokladom pre pochopenie orientovanosti vývinových procesov, ako aj správne pochopenie kategórie činnosti“ ([8], 421). Kategória vzájomného pôsobenia sa už stala aj fundamentálnou kategóriou špeciálnovedného poznania, a teda aj fyziky a kozmológie.

² Pri používaní kategórie „pole“ musíme teda zásadne rozlišovať medzi reálnym poľom a pojmom reálneho poľa. Viacerí autori pri formulovaní svojich teoretických koncepcií na to zabúdajú, čo často vedie k dezinterpretácii skutočného problému.

³ Podrobnejšiu filozoficko-metodologickú analýzu formovania kategórií „pôsobenie“ a „vzájomné pôsobenie“ v dejinách európskeho filozofického myslenia, ako aj v oblasti fyzikálneho poznania pozri in: ([6], 111 – 224; [20]; [21]).

V konceptuálnom systéme KTP má dôležité miesto pojem kvantu pôsobenia. Ako ukázala kvantová teória, ľubovoľná forma vzájomného pôsobenia medzi objektmi materiálneho sveta nemôže byť ľubovoľne malá alebo ľubovoľne veľká. Existujú určité reálne hranice veľkosti, „množstva“ pôsobenia v každej konkrétnej forme pohybu hmoty. Inými slovami, neexistuje kontinuita „pôsobenia“ od nekonečného minima po nekonečné maximum.

M. Planck objavil a formuloval „novú univerzálnu konštantu h , ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s), ktorá je koeficientom proporcionálnosti medzi veličinou elementárnej porcie energie vyžarovania a jej frekvenciou“ ([6], 129). Práve jej rozmer, t. j. hodnota, sa ukázal ako základný „kvant pôsobenia“.⁴

Tak sa do konceptuálneho systému kvantovej teórie dostáva „podmienka kvantovateľnosti“, ktorú v matematickom formalizme môžeme vyjadriť vo forme komutátora v tvare $[p,x] = -i\hbar$ (x je priestorová súradnica, p je hybnosť mikroobjektu, i je imaginárna jednotka, $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34}$ J.s) ako špecifickú charakteristiku týchto teórií. To znamená, že všetky druhy fyzikálnych polí sa skúmajú ako kvantovateľné súcna. Inými slovami, fyzikálne polia sú zložené z elementárnych entít – „kvánt“, ktoré sú podľa kvantovej teórie ďalej nedeliteľné. Môžeme teda konštatovať, že na úrovni mikrosveta majú fyzikálne polia diskretný charakter, kým na úrovni makrosveta a megasveta ich skúmame ako spojité.

Ďalšími fundamentálnymi kategóriami KTP sú pojmy časopriestoru a časopriestorovej variety s fixovanou chronogeometriou, ktorá odráža fluktuácie fyzikálnych vlastností určených v danej časopriestorovej oblasti mikrosveta. Časopriestorová varieta je určitý typ abstraktnej geometrie, ktorá má pevnú chronogeometriu, teda geometriu času (vývinu). Časopriestorová varieta relatívne adekvátne opisuje vlastnosti časopriestoru mikrosveta a je úzko spätá so ŠTR, ktorá tvorí jeden z fundamentov klasickej kvantovej mechaniky. Jedným zo základných problémov KTP je otázka, ako túto kategóriu zosúladiť s kvantovou elektrodynamikou, kvantovou chromodynamikou atď. Ako ukázal doterajší vývoj kvantovej fyziky, klasickej kvantová mechanika je len približným odrazom niektorých časopriestorových vlastností mikrosveta. Zatiaľ nemáme ucelenejšiu a teoreticky prepracovanú predstavu o časopriestore mikrosveta, o jeho metrických a topologických vlastnostiach ([22]; [23]). Problémom zatiaľ tiež zostáva aj to, že nevieme aký je vzťah medzi časopriestorom určeným pohybom mikroobjektov a vopred zadanou časopriestorovou varietou, ktorá je súčasťou konceptuálneho systému KTP. Prítom od časopriestorovej variety s definovanou chronogeometrickou štruktúrou je závislá tzv. bodová lokalizácia mikroobjektov. Ako konštatuje T. Y. Cao, „princíp neurčitosti sám neumožňuje presnú lokalizáciu [mikroobjektov – J. D.] v časopriestore. Pojem neurčitej lokalizácie je definovaný len prostredníctvom pojmu bodovej lokalizácie“ ([5], 256). Stretávame sa tu so sériou navzájom spätých pojmov: varieta s definovanou chronogeometrickou štruktúrou; bodová lokalizácia; neurčitá lokalizácia; presná lokalizácia v časopriestore. Určujúcou je varieta s definovanou chronogeometrickou štruktúrou, z ktorej sa odvodzuje bodo-

⁴ „Kvant pôsobenia“ je dôležitou fyzikálnou veličinou v rôznych fyzikálnych teóriách – v mechanike, elektrodynamike, termodynamike nevratných procesov, vo fyzike elementárnych častíc atď.

vá lokalizácia, z nej neurčitá lokalizácia, a konečne z nej presná lokalizácia mikroobjektov v časopriestore.

Aby sme mohli definovať priestorové a časové usporiadanie mikroobjektov, teda ich presné časopriestorové usporiadanie, je nevyhnutné a priori zaviesť časopriestorovú varietu s definovanou chronogeometrickou štruktúrou. Z toho vyplýva, že v takto koncipovanej kvantovej teórii sa pracuje na časopriestorovom pozadí Minkovského štvorrozmernej variety, charakteristickej pre ŠTR, s ktorou sa porovnávajú získané empirické poznatky o mikroobjektoch a priradujú sa jej prostredníctvom k nim ich časopriestorové vzťahy.

Podľa relačnej koncepcie časopriestoru v rámci realistickej filozofie však geometria časopriestoru je určovaná vzájomným vzťahom materiálnych objektov danej štruktúrnej úrovne reality – ich vzájomnou koexistenciou a pohybom. Preto za konkrétne východisko skúmania časopriestoru v mikrosvete považujeme reálnu vzájomnú koexistenciu mikroobjektov a ich pohyb. Tie vytvárajú určitý typ reálneho časopriestoru. Na dnešnej úrovni vedeckého poznania ho nevieme určiť, čo považujeme za epistemologický problém.

Pri výstavbe TKG bude treba špecifikovať pojem časopriestoru v mikrosvete. Myslíme si, že mikrosvet má vlastnú časopriestorovú štruktúru. Túto štruktúru vyjadrujeme v určitom type časopriestorovej variety. Problémom zostáva otázka, aká časopriestorová varieta odráža reálne časopriestorové vzťahy mikrosveta. Vopred zadaná časopriestorová varieta je síce pomocnou, ale iba špekulatívnou konštrukciou. Iná je otázka, či na súčasnej úrovni vedeckého poznania mikrosveta vieme jeho reálny časopriestor adekvátne vyjadriť v nejakej časopriestorovej variete, teda v adekvátnejšom konceptuálnom systéme súčasnej KTP.

S kategóriami „pole“, „kvant“ úzko súvisí pojem „kvantovania“ a „kvantovaného poľa“, pretože KTP skúma práve kvantované polia. „Kvantované vlnové pole – to je fundamentálna fyzikálna koncepcia, v rámci ktorej sa formulujú a opisujú vlastnosti elementárnych častíc a ich vzájomných pôsobení. Metóda kvantovaných polí umožňuje opisovať systém mnohých častíc jediným fyzikálnym objektom v obyčajnom časopriestore – kvantovaným poľom“ ([4], 13).

Pod kvantovaním v KTP sa vždy rozumie kvantovanie určitého dynamického systému, ktorého stupne voľnosti sú lokalizovateľné. Často sa uvádza, že KTP je lokálna teória kvantových polí. Procedúra kvantovania odhaľuje niektoré špecifické vlastnosti správania daného dynamického systému na úrovni mikrosveta – do 10^{-35} cm – alebo dynamických systémov v podmienkach vysokoenergetického režimu. Opisuje niektoré zvláštne diskkrétne hodnoty niektorých veličín poľa (priestor) alebo niektoré zvláštne pravdepodobnosti prechodu od jedného stavu do druhého stavu daného dynamického systému (čas). KTP teda chápe dynamické pole ako dynamický systém, ktorý má diskkrétne nespojitú vnútornú štruktúru, čo znamená, že existujú elementárne relatívne samostatné kvantitatívne entity, ktoré vytvárajú štruktúru daného poľa. Kvantovaním vydeľujeme práve tieto elementárne jednotky – diskkrétne kvanty, ktoré vo vzájomnom pôsobení vytvárajú určitý dynamický systém, celok ako ontologickú jednotu. Prejavuje sa tu jednota diskrétnosti a spojitosti. Napríklad elektromagnetické pole sa skladá z diskrétnych jednotiek – fotónov. Fotóny ako diskkrétne jednotky vo vzájomnej súvislosti vytvárajú elektromagnetické

pole s diskretnou štruktúrou. To znamená, že vieme empiricky v danom poli vyčleniť základné jednotky – kvanty, ktoré vytvárajú jeho štruktúru a vzájomne na seba pôsobia, ale pole ako ontologické súcno sa prejavuje ako spojité (aspoň v makrosvete a megasvete). KTP ako konceptuálny systém prostredníctvom svojho jazyka – určitý typ matematických štruktúr – odráža práve diskretný charakter tohto poľa. Môžeme povedať, že KTP ako „kvantová teória vzájomne pôsobiacich vlnových polí je teóriou vzájomného pôsobenia elementárnych častíc“ ([4], 13).

Zatiaľ je KTP najrozpracovanejšou teóriou kvantovania reálnych fyzikálnych polí, ktoré opisuje s vysokou presnosťou, čo potvrdzujú experimenty. Z hľadiska našej štúdie nás zaujímajú základné polia fyzikálnych interakcií: elektromagnetické pole, pole slabšej jadrovej interakcie, ako aj pole silnej jadrovej interakcie, ktorých teória kvantovania na súčasnej úrovni vedeckého poznania je dobre rozpracovaná.

Špecifickým prvkom konceptuálneho aparátu KTP je princíp neurčitosti, ktorý je vyjadrený Heisenbergovými vzťahmi neurčitosti.⁵ Tieto vzťahy, ktoré boli úspešne stanovené experimentálne, nevyplývajú zo žiadnej teórie. Podľa T. Y. Caa v mikrosvete „existujú vnútorné – primitívne fluktuácie, ktoré číselne vyjadrujeme prostredníctvom vzťahov neurčitosti“ ([5], 268). Z toho vyplýva, že vzťahy neurčitosti majú ontologický základ. Relatívne adekvátne odrážajú reálne vlastnosti mikrosveta.⁶ Princíp neurčitosti je v KTP základným teoretickým prostriedkom pri objasňovaní mnohých fyzikálnych pojmov, napríklad singularnosti svetelného kužeľa, ktorý je spätý s kategóriou „časopriestoru“, alebo pojem „renormalizácie“,⁷ ktoré sú súčasťou konceptuálneho systému KTP.

⁵ 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 súradníc častice;

Δp_x , Δp_y , Δp_z – sú neurčitosti projekcií jej impulzu na osi súradníc;

h – je Planckova konštanta, $h = h/4\pi$;

ΔE – je neurčitosť energie častice;

Δt – je neurčitosť časovej súradnice.

⁶ Doteraz nie je ukončená diskusia o povahe týchto vzťahov. W. Heisenberg považuje princíp neurčitosti za ontologický problém, teda za podstatnú vlastnosť mikrosveta. Vzťahy neurčitosti o tejto vlastnosti určitým spôsobom vypovedajú, sú teda konceptuálnym vyjadrením vlastností mikrosveta. A. Einstein považuje princíp neurčitosti za epistemologický problém, vyplýva teda z neúplnosti poznania mikrosveta. Inými slovami, nepoznáme všetky zákonitosti, parametre, konštanty mikrosveta – sú to pre nás skryté parametre. V konceptuálnom systéme KTP sa to prejavuje v princípe neurčitosti.

⁷ Pojem „renormalizácie“, presnejšie „renormalizovateľnej teórie“ odstraňuje nekonečné veličiny, „ktoré boli v skutočnosti konečné“. To znamená, že „určitý druh teórií poľa obsahuje len nekonečná spojené s hmotami častíc a so silou interakcií. Nahradenie týchto nekonečných členov ich konečnými (meranými) hodnotami vedie k požadovaným výsledkom“ ([25], 81). V čom spočíva základný problém? Ako konštatuje J. Polkinghorne, „táto procedúra z matematického hľadiska nie je príliš rigorózna, ale upravená teória poskytuje výrazy, ktoré sú v ohromujúcom súlade s experimentom“ ([25], 81). Väčšina fyzikov je s takýmito teóriami, ktoré dávajú pragmatické výsledky spokojná. Ale P. Dirac, jeden zo zakladateľov kvantovej teórie, sa „s podivným čarovaním s formálne nekonečnými veličinami nikdy nestotožnil“ ([25], 81).

Vzťahy neurčitosti sú úzko späté s procedúrou merania.⁸ V kvantovej teórii sa pod meraním rozumie vyčísl'ovanie pravdepodobnosti realizácie mikroprocesov v definovaných oblastiach časopriestoru. Kvantové meranie je proces získavania konkrétnych hodnôt pozorovateľných veličín z neurčitých kvantových stavov vyplývajúcich z princípu neurčitosti. Ale meranie je procedúrou makrosveta, meracie prístroje sú umiestnené v časopriestore makrosveta a samy sú svojou formou makroskopickými objektmi. Merat' však máme vlastnosti, charakteristiky a vzťahy mikroobjektov, ako aj procesov prebiehajúcich na mikroúrovni v nejakom časopriestore mikrosveta, teda realizujú sa v definovaných oblastiach časopriestoru. Vzniká preto otázka: Čo vlastne meriame? Meriame prejav vlastností a charakteristík mikroobjektov v makrosvete, alebo namerané veličiny na makroskopickej úrovni relatívne adekvátne odrážajú štruktúry a procesy mikrosveta?

Z metodologického hľadiska meranie patrí k základným empirickým metódam, preto ho vo vedeckom poznaní, a teda aj v KTP musíme akceptovať. Potrebné je však ukázať, o aké meranie ide, meranie čoho, na akej úrovni reality a v akom časopriestore meranie realizujeme.⁹

Ako sme uviedli vyššie, vzťahy neurčitosti odrážajú jednu z fundamentálnych vlastností mikrosveta, a to fluktuácie. Ak je tento ontologický predpoklad správny, tak vzniká otázka: Fluktuácie čoho sú vyjadrené v princípe neurčitosti? Podľa T. Y. Caa sú to fluktuácie „fyzikálnych vlastností, určených v časopriestorovej oblasti [mikrosveta – J. D.] ([5], 268). Toto svoje tvrdenie považuje za „limitné metafyzické zdôvodnenie tak záhad-

⁸ Ide tu o problém vzťahu meracích prístrojov a mikrosveta. Vzniká problém: Aká je reálna možnosť meracích prístrojov ako makroskopických objektov adekvátne odrážať – merať v procese merania kvantitatívne charakteristiky (vlastnosti) mikroobjektov? V makrosvete pracujú naše meracie prístroje s objektmi rovnakej štruktúrnej úrovne, kým vo vzťahu k mikrosvetu sú z inej štruktúrnej úrovne. Podľa kodanskej interpretácie kvantová teória bez merania nemá zmysel. Bez merania teda nemôžeme získať žiadne poznanie o dynamickom fyzikálnom systéme.

⁹ V tradičnej interpretácii kvantovej teórie je zakomponovaný jeden „zaujímavý“ predpoklad, ktorý T. Y. Cao nazýva zvláštnosťou kvantovej teórie. „Pred meraním nemožno predpokladať ani samotnú existenciu meraných vlastností. Ak ju predpokladáme, tak v súlade s kodanskou interpretáciou kvantovej teórie sa dostávame do protirečenia s experimentálnymi faktmi“ ([5], 257). Samozrejme, realista nemôže súhlasiť s takouto interpretáciou. Vychádzame z predpokladu, že mikrosvet, ako aj makrosvet a megasvet existujú nezávisle od nášho vedomia, a teda aj od merania. Preto nie je správne spochybňovať ontologický status existencie mikroobjektov, ich špecifických vlastností, vzťahov a procesov. Problém spočíva v tom, že v kodanskej interpretácii kvantovej teórie sa meranie chápe v klasickom zmysle ako meranie pozorovateľných vlastností, lokalizovateľných v časopriestorovej variete s fixovanou chronogeometrickou štruktúrou. Iným problémom je vzájomné pôsobenie mikroobjektov a meracích zariadení. Tie sú v určitom vzájomnom pôsobení, a teda aj v kauzálnom pôsobení. Tu vzniká problém: Sme schopní prostredníctvom makroskopických meracích prístrojov získať skutočné informácie o charakteristikách a vlastnostiach daných dynamických mikroobjektov, alebo je výsledok skreslený práve vzájomným pôsobením meracieho aparátu s mikroobjektmi? Inými slovami: Ak dynamický systém mikrosveta je vo vzťahu kauzálneho pôsobenia s meracím prístrojom, je možné kontrolovateľné meranie? Napríklad podľa T. Y. Caa takéto meranie nie je možné ([5], 257). Na druhej strane však kvantové meranie tvorí základ všetkých interpretácií kvantovej teórie, a preto aj metodologická kategória „meranie“ je súčasťou konceptuálneho aparátu KTP.

ného charakteru superpozície¹⁰ vektorov stavu, ktoré opisujú fyzikálne vlastnosti, ako aj ich dekompozície“ ([5], 268). Pojem „fluktuácie“ sa tak stáva súčasťou konceptuálneho systému KTP a do ontologickej bázy vstupuje ako ontologická kategória „kvantová fluktuácia“, ktorá vyjadruje jednu z fundamentálnych vlastností mikrosvetu, a to fluktuácie vlastností mikroobjektov alebo stavov kvantového poľa.¹¹

Dôležitým pojmom konceptuálneho aparátu KTP je pojem „kánonických vzťahov komutatívnosti a nekomutatívnosti“, ktoré v rámci matricovej mechaniky vykryštalizovali z podmienky kvantovateľnosti. Tento pojem má „ukázať nekomutatívny charakter dynamického systému na mikroskopической úrovni“ ([5], 256). Kánonické vzťahy komutatívnosti a nekomutatívnosti však môžeme definovať len prostredníctvom metriky, ktorá je kauzálne spätá s vopred zadanou časopriestorovou varietou. Najväznejším dôsledkom formulácie kánonických vzťahov komutatívnosti a nekomutatívnosti boli Heisenbergove vzťahy neurčitosti. Z toho vyplýva, že ani sám princíp neurčitosti, ani fluktuácie fyzikálnych vlastností nemožno sformulovať bez vopred zadanej časopriestorovej variety s fixovanou chronogeometrickou štruktúrou, ktorá je definovaná prostredníctvom ŠTR.

Dôležitými prvkami ontologickej bázy KTP sú princíp determinizmu a kategória kauzality. Princíp determinizmu vychádza z teórie objektívnej súvislosti a vzájomnej podmienenosti všetkých javov objektívnej skutočnosti. To znamená, že vesmír ako dynamický systém je vytváraný hierarchiou podsystemov, ktoré sú v horizontálnom, ako aj vertikálnom usporiadaní a ktoré na seba aktívne vzájomne pôsobia. V tomto zmysle mikrosvet, makrosvet a megasvet ako podsystemy vesmíru práve v procese dynamického vzájomného pôsobenia vytvárajú jeho vnútornú štruktúru. V KTP sa jednoznačne manifestuje dialektická koncepcia determinizmu, ktorá uznáva existenciu objektívnych náhod a zákon pokladá za všeobecnú nevyhnutnú a podstatnú súvislosť, čím sa prekonáva mechanistický determinizmus klasickej kvantovej mechaniky v kodanskej interpretácii. S princípom determinizmu je úzko spätá kategória „kauzalita“ a s ňou súvisiace kategórie „príčina“ a „účinnok“.

Kategória kauzality „vyjadruje len jeden druh, formu reálnych vzťahov, ktoré sa realizujú v objektívnej skutočnosti“ ([15], 31). Kauzalita je teda len jednou súčasťou univerzálnej súvislosti reálnych javov a procesov objektívnej skutočnosti. Kauzalitu definujeme ako filozofickú kategóriu „na označenie jednej časti objektívneho vzťahu medzi materiálmi objektmi, pri ktorom jeden z nich – nositeľ príčiny pôsobuje, vytvára zmenu stavu druhého – nositeľa účinku prostredníctvom prenosu určitej formy hmoty, energie a informácie, cez materiálneho agensa – nositeľa pôsobenia“ ([15], 33). Z uvedeného určenia

¹⁰ Pod superpozíciou sa rozumie „stav kvantového systému vyjadrený ako kombinácie stavov, ktoré sú v klasickej fyzike nezlučiteľné“ ([25], 104). V KTP je tento pojem formulovaný ako „princíp superpozície“, ktorý „umožňuje vytvárať stavy systému superpozíciou alebo skladaním ďalších stavov. Také kombinácie treba interpretovať pravdepodobnostným spôsobom, takže pre stav vytvorený superpozíciou platia určité pravdepodobnosti, že bude prejavovať vlastností stavov, z ktorých je zložený“ ([24], 155).

¹¹ Pojem fluktuácie je úzko spojený s pojmom chaosu, ktorý sa intenzívne rozpracúva v synergetike. V nej sa vydeľujú tri úrovne pojmu chaosu – kvantová, termodynamická, makroskopická.

vyplýva, že kauzalita je úzko spätá s kvalitatívnou zmenou v objektívnej realite, so vznikom kvalitatívne nového vo vývine objektívnej skutočnosti.

V KTP kategória kauzality patrí k základným kategóriám ontologickej bázy, pretože prostredníctvom nej sme schopní objasniť, že „akákoľvek udalosť prebiehajúca v systéme, môže vplývať na evolúciu systému len v budúcnosti a nemôže vplývať na správanie systému v minulosti, v čase, ktorý predchádza danú udalosť. Je potrebné, aby zmena zákona vzájomného pôsobenia v ľubovoľnej časopriestorovej oblasti mala vplyv na evolúciu systému len v nasledujúcich časových momentoch“ ([4], 153). Kategória kauzality nám teda na základe poznania príčin a účinkov umožňuje časovo usporiadať postupnosť zmeny stavov kvantového poľa v určitom definovanom časopriestore. Pritom kauzálne vzťahy v rámci mikrosveta sa nedajú vyjadriť jedno-jednoznačným vzťahom, ale do popredia sa dostávajú vzťahy medzi príčinami a účinkami, ktoré sú mnoho-mnohoznačné. Môžeme povedať, že v relativistickej KTP je zakomponovaný neklasický typ kauzality.

Pri formulovaní ontologickej bázy KTP by sme si mali uvedomiť, že bude obsahovať špeciálnovedné ontologické pojmy, ako aj filozofické ontologické kategórie, ktoré sú transformované na špeciálnovednú úroveň KTP. To znamená, že na tejto úrovni filozofické kategórie strácajú svoju filozofickú univerzálnosť a ich obsah je konkretizovaný na štruktúrnu úroveň reality, ktorú skúma KTP. Ako teda môžeme v rámci konceptuálneho systému KTP vyjadriť fundamentálnu časť jej ontologickej bázy?

Podľa nášho názoru základnými ontologickými pojmami, kategóriami a princípmi, ktoré vytvárajú ontologickú bázu KTP a prostredníctvom ktorých opisujeme reálne existujúce súcna mikrosveta sú:

- *pole* ako špecifická forma pohybu hmoty;
- *kvant* ako základná jednotka pôsobenia, ktorá je kvantitatívne vyjadrená Planckovou konštantou $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s, alebo $\hbar = h/2\pi = 1,054 \cdot 10^{-34}$ J.s, ktorá určuje škálu kvantovej teórie;
- *kvantová fluktuácia* – rýchle vznikajúca a zase zanikajúca nestabilita v rámci kvantového poľa, ktorá vzniká náhodne a vedie k rýchlej zmene jeho stavu;
- *kvantové pole*, ktoré je dynamické a podlieha kvantovým fluktuáciám (toto pole je kvantované, to znamená, že lokálne fluktuácie podliehajú kvantovým princípm, a je charakterizované nekonečným počtom stupňov voľnosti);
- *časopriestorová varieta* s fixovanou chronogeometriou;
- *častica* – objekt mikrosveta, ktorý je charakterizovaný určitou hmotnosťou, spinom, elektrickým nábojom, rozmermi a považujeme ho na danej úrovni za vnútorne neštruktúrovaný (v kvantovej teórii delíme častice na reálne a virtuálne, ako aj na častice a antičastice);
- *antičastica*, ktorá má takú istú hmotnosť a taký istý spin ako častica, ale opačný elektrický a baryonový náboj;
- *virtuálna častica*, „ktorá neinteraguje s inými so sebou totožnými „reálnymi“ časticami, ale interaguje s virtuálnymi kvantmi, vyžaruje a sama pohlcuje tieto kvanty“ ([21], 496) (virtuálne častice vznikajú ako produkty kvantových fluktuácií, v rámci ktorých sa reálne častice menia na virtuálne, a opačne);

– *determinizmus* – v dialektickej forme ako vhodná forma na vyjadrenie determinovanosti všetkých procesov na úrovni mikrosveta;¹²

– *kauzalita* ako vyjadrenie objektívnych súvislostí prostredníctvom kategórií príčiny a účinku (kauzálny princíp vyjadruje a zabezpečuje objektívnu súvislosť medzi určitými objektmi a procesmi v rámci nášho vesmíru, t. j. každý jav a proces aj na úrovni mikrosveta má svoju materiálnu príčinu);

– *zákon* – vo forme špeciálnovedných zákonov, ktoré vyjadrujú na súčasnej úrovni vedeckého poznania objektívnu, nevyhnutnú a všeobecnú súvislosť medzi štruktúrami a procesmi mikrosveta;

– *nevyhnutnosť* a *náhodnosť*, ktoré vyjadrujú dialektickú jednotu zákonitých a kvantových chaotických procesov (fluktuácií) mikrosveta;

– *fyzikálne vákuum*, ktoré vyjadruje najnižší energetický stav poľa;

– *vzájomné pôsobenie* – kategória, ktorá vyjadruje na úrovni mikrosveta vzájomnú súvislosť a späťosť sícién mikrosveta prostredníctvom kvantu pôsobenia;

– *princíp neurčitosti*;

– *princíp superpozície*;

– *princíp kánonického vzťahu komutatívnosti a nekomutatívnosti*;

– *princíp komplementarity*.

Ontologická báza KTP, jej konceptuálna štruktúra, opisuje lokalizovateľnosť udalostí, počet nekonečných stupňov voľnosti, ako aj stav fyzikálneho vákuu mikrosveta.¹³

* * *

Na záver našej štúdie považujeme za potrebné uviesť niekoľko nevyhnutných poznámok týkajúcich sa konštrukcie TKG. V štúdiu sme predložili náčrt našej štruktúry ontologickej bázy KTP. Uvedomujeme si však, že tu niečo podstatné chýba.

Ako sme už uviedli, z hľadiska KTP sa všetky interakcie v našom vesmíre dajú vyjadriť ako štyri základné polia (interakcie) – silné jadrové, slabé jadrové, elektromagnetické a gravitačné –, ktoré sú štruktúrnotvorné a zásadne sa podieľajú na formovaní materiálnych štruktúr na všetkých štruktúrnych úrovniach nášho vesmíru (mikrosvet, makrosvet, megasvet). Silné jadrové a slabé jadrové sú krátkodosahové a zodpovedajú za štruktúru jadra atómov, ako aj za spontánny rozpad atómových jadier.¹⁴ Elektromagnetické

¹² Okrem dialektickej formy determinizmu sa vo filozofickej literatúre môžeme stretnúť s mechanickou (klasicou) formou determinizmu, ktorá sa často interpretuje ako striktný determinizmus uznávajúci absolútnu, prísnu určenosť javov a procesov objektívnej reality, ako aj s pravdepodobnostným alebo štatistickým determinizmom. Od pojmu determinizmu treba odlišovať pojmy indeterminizmus (môže byť úplný alebo čiastočný) a adeterminizmus, ktorý odmieta akúkoľvek zákonitosť, nevyhnutnosť a príčinnosť. Konceptiu indeterminizmu zastávala napríklad kodanská interpretácia kvantovej teórie.

¹³ Ďalšími kategóriami, ktoré vytvárajú štruktúru konceptuálneho systému KTP, sú gnozeologické, metodologické a logické pojmy, ktoré spolu s ontologickou bázou KTP vytvárajú jej filozoficko-metodologickú a logickú bázu.

¹⁴ Základnými časticami silnej jadrovej interakcie sú gluóny, slabej jadrovej interakcie bozóny W^\pm a W^0 .

pole a gravitačné pole sú ďalekosahové a zodpovedajú za štruktúru atómov, molekúl, planét, hviezd, galaxií a vyšších vesmírnych štruktúr.¹⁵ Spolu vo vzájomnom pôsobení vytvárajú vesmír ako dynamický genetický systém.

Zatiaľ boli vypracované kvantové teórie silného jadrového poľa, slabého jadrového poľa a elektromagnetického poľa, ktorých konceptuálny aparát dáva relatívne adekvátne poznatky o realite, potvrdzované empirickými metódami. Navyše bola vytvorená konceptuálna štruktúra kvantovej teórie, ktorá opisuje jednotným jazykom elektromagnetickú a slabú interakciu vo forme elektroslabej interakcie. Intenzívne sa pracuje na zjednotení elektroslabej a silnej interakcie vo forme tzv. veľkého zjednotenia GUT (Grand Unified Theories).

Problémom zostáva gravitácia. Nedarí sa zatiaľ vytvoriť kvantovú teóriu gravitácie. Zatiaľ základný hypotetický kvant gravitačného poľa – gravitón – nebol empiricky detegovaný. Navyše sa ukázalo, že priama aplikácia kvantových nástrojov kvantovej teórie poľa na kvantovanie gravitačného poľa (tzv. aktívne kvantovanie) je nerealizovateľná. Uvedieme aspoň dva príklady. Jedným zo zaujímavých pokusov bola snaha R. Feynmana kvantovať metrický tenzor, ktorý patrí medzi fundamentálne pojmy konceptuálneho systému VTR. Ukázalo sa, že klasická KTP neumožňuje tento tenzor kvantovať. Inými príkladmi sú napríklad teória superstrún, teória supergravitácie, teória slučkovej kvantovej gravitácie atď., pri budovaní ktorých aplikácia konceptuálneho aparátu KTP na gravitačné pole zatiaľ nebola úspešná ([9]; [11]; [12]; [26]; [27]).

Ukazuje sa, že súčasný konceptuálny aparát KTP neumožňuje zahrnúť VTR na základe nejakého špeciálneho princípu korešpondencie ako svoj limitný systém podobne, ako VTR dokázala explanať ŠTR ako svoj podsystém. To znamená, že „prechod medzi klasickou a kvantovou úrovňou nie je jednoduchý a objasnenie klasických vlastností prostredníctvom ich redukcie na kvantové v rámci aktívneho kvantovania nie je možný“ ([5], 257 – 258). Myslíme si, že je to problém epistemologický.

Ak sa pozrieme na klasický dynamický systém, vidíme, že obsahuje ako prirodzenú a podstatnú zložku aj kvantovú úroveň. Megaúroveň, makroúroveň a mikroúroveň nie sú navzájom absolútne oddelené, diskrétné a nezávislé entity. Mikroúroveň prirodzene prechádza do makroúrovne a megaúrovne. To znamená, že klasický dynamický systém a kvantová mikroúroveň vytvárajú nedeliteľnú jednotu. Bez mikroúrovne by neexistoval ani klasický dynamický systém makroúrovne a megaúrovne.

Ak dynamické systémy objektívnej reality vytvárajú relatívne nedeliteľnú jednotu, tak problém nevidíme v reálnom dynamickom systéme. Každý takýto systém je vždy vnútorne štruktúrovaný na určité podsystémy a tie na ďalšie podsystémy atď., ktoré vo vzájomnom pôsobení, a to tak vo vertikálnom, ako aj v horizontálnom, na základe určitých vnútorných zákonitostí a podmienok okolitého prostredia vytvárajú jednotlivé dynamické systémy na rôznych štruktúrnych úrovniach reality, a to až po taký dynamický systém, ako je vesmír. A vesmír v rámci bytia môže byť prirodzeným podsystémom vyššej entity

¹⁵ Základnými časticami elektromagnetickej interakcie sú fotóny, gravitačnej interakcie hypotetické gravitóny, ktoré zatiaľ neboli empiricky potvrdené.

– supervesmíru, tvoreného určitou skupinou vesmírov, ktoré tiež vzájomne na seba pôsobia a kde gravitačná interakcia je súčasťou všetkých systémov.

Z toho vyplýva, že problém kvantovania gravitačného poľa, ktoré je ďalekodosahové, a teda pokrýva mikrosvet, makrosvet a megasvet, nie je problémom ontologickým, ale gnozeologickým. Konceptuálny systém KTP, ktorý je „šitý“ na mieru mikrosвета, nevie a nemôže opísať klasický dynamický systém ako kvantový, podobne, ako konceptuálny systém VTR, ktorý je „šitý“ na makroúroveň a megaúroveň, nemôže opísať špecifické vlastnosti a zákonitosti mikrosвета.

Východisko vidíme v hľadaní nového (širšieho a hlbšieho) konceptuálneho aparátu, ktorý dokáže relatívne adekvátne vyjadriť jednotu klasickej a kvantovej úrovne, teda jednotu mikro-, makro- a megasвета. Nový konceptuálny aparát TKG by však mal brať do úvahy konceptuálne aparáty VTR, ako aj KTP, pretože sa od neho vyžaduje, aby bol schopný explanovať a predikovať všetky tie štruktúry a ich vlastnosti, ktoré explanujú a predikujú VTR a KTP, a zároveň aj také, ktoré tieto teórie nedokážu explanovať ani predikovať a ktoré sa objavujú v empirickom poznaní pri odkrývaní ďalších štruktúrnych úrovni reality (supervesmír, planckovský svet atď.). Východiskom by mala byť kvantová ontológia, ktorú T. Y. Cao presadzuje ako základnú ontologickú bázu v rámci tzv. kvantového realizmu. Táto syntéza je však zatiaľ na úrovni hypotézy ako budúcej syntézy VTR a KTP v TKG.

Z hľadiska budovania konceptuálneho systému TKG by teda TKG mala akceptovať ohraničenia, ktoré jej konceptuálnemu systému kladie aj KTP. Môžeme ich sformulovať nasledovne: 1. Ontologickú bázu kvantovej teórie gravitácie musí tvoriť globálne dynamické pole, ktoré konštantne fluktuuje (kvantové fluktuácie). 2. Toto pole musí byť lokálne excitované a z hľadiska svojej podstaty kvantované, t. j. lokálne excitácie podliehajú kvantovým princípom, ako sú princíp neurčitosti a princíp kánonického vzťahu komutatívnosti a nekomutatívnosti. 3. Kvantová teória gravitácie musí mať dostatočne široké teoretické východiská, aby zdôvodnila základné pojmy konceptuálnej štruktúry kvantovej teórie poľa, ktoré opisujú lokalizovateľnosť, počet nekonečných stupňov voľnosti, globálny stav vákua atď.

LITERATÚRA

- [1] ACHUNDOV, M. D.: *Prostranstvo i vremena v fizičeskom poznanii*. Moskva: Mysľ 1982.
- [2] BEISER, A.: *Úvod do moderní fyziky*. Praha: ACADEMIA 1978.
- [3] BLOCHINCEV, D. I.: *Zásadní otázky kvantové mechaniky*. Praha: Academia 1971.
- [4] BOGOLJUBOV, N. N. – ŠIRKOV, D. V.: *Vvedenije v teoriju kvantovannyh polej*. Moskva: NAUKA 1976.
- [5] CAO, T. Y.: Predposylki sozdaniija neprotirečivoj teorii kvantovoj gravitacii. In: *Filosofija nauki*, 7. Moskva 2001.
- [6] CEHMISTRO, I. Z.: *Cholističeskaja filosofija nauki*. Sumy: Universitetskaja kniga 2002.
- [7] ČERNÍK, V. – VICENÍK, J. – VIŠŇOVSKÝ, E.: *Historické typy racionality*. Bratislava: IRIS 1997.
- [8] ČERNÍK, V.: *System kategórií materialistickej dialektiky*. Bratislava: Pravda 1984.

- [9] DAVIES, P. C.: Kvantová gravitace: sjednocený model reality? In: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, roč. 31, 1986, č. 3.
- [10] DIRAC, P.: *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford: Clarendon Press 1958. (Ruský preklad DIRAK, P.: Principy kvantovej mechaniky. Moskva: NAUKA 1979.)
- [11] DUBNIČKA, J.: Slučková kvantová gravitácia (LQG) (Nová teória časopriestoru?). In: Sousedík, P. (ed.): *Jazyk, logika, věda*. Praha: Filosofia 2005.
- [12] DUBNIČKA, J.: Teória strún a fyzikálny obraz sveta. In: *Filozofia*, 63, č. 8, 2008.
- [13] DUBNIČKA, J.: Filozofické a metodologické problémy budovania teórie kvantovej gravitácie. In: *Filozofia*, 64, 2009, č. 7, s. 658 – 668.
- [14] DUBNIČKA, J.: Teória kvantovej gravitácie a teória relativity. In: *Filozofia*, 66, č. 8, 2011.
- [15] DUBNIČKA, J.: *Čas a kauzalita*. Bratislava: VEDA 1986.
- [16] FILKORN, V.: *Obrazy vedy. Vedy o vede*. Bratislava: IRIS 2009.
- [17] FORMÁNEK, J.: *Úvod do relativistické kvantové mechaniky a kvantové teorie pole*. Praha: KAROLINUM 2000.
- [18] HEISENBERG, W.: *Fyzika a filosofie*. Praha: Svoboda 1966.
- [19] HAWKING, S. – MLODINOV, L.: *Velký plán*. Bratislava: Slovart 2011.
- [20] KURBANOV, P. O.: *Kategorija vzaimodejstvia v filosofii i fizike*. Baku: „Elm“ 1983.
- [21] KUZNECOV, B. G.: *Od Galileho po Einsteina*. Bratislava: Pravda 1975.
- [22] MOSTEPANENKO, A. M.: *Prostranstvo-vremja i fizičeskoje poznanije*. Moskva: Atomizdat 1975.
- [23] MOSTEPANENKO, A. M.: *Priestor a čas v makrosвете, megasвете a mikrosвете*. Bratislava: Pravda 1977.
- [24] POLKINGHORNE, J.: *Kvantový svět*. Praha: Aurora 2000.
- [25] POLKINGHORNE, J.: *Kvantová teorie. Průvodce pro každého*. Praha: Dokořán 2007.
- [26] SMOLIN, L.: *Fyzika v potížích. Vzestup teorie strun, úpadek vědecké metody a co bude dál*. Praha: ARGO 2009.
- [27] TARAROEJEV, J. A.: Teorija strun kak sovremennaja fizičeskaja koncepcija „osnovanija mira“. Gnozeologičeskij i ontologičeskij „srez“. In: *Voprosy filosofii*, 2007, č. 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