

Filozofické problémy prírodných vied

K PROBLÉMU UNIVERZÁLNOSTI PRIESTORU A ČASU

R. A. ARONOV, Katedra filozofie Moskovského štátneho pedagogického inštitútu V. I. Lenina, Moskva

ARONOV, R. A.: To the Problem of Universality of Space and Time. *Filozofia* 31, 1976, No 4, p. 393—405

The development of contemporary physics, first of all the physics of elementary particles, presents a number of serious philosophical problems, the problem of universality of space and time being one of them. The author analyzes the philosophical presuppositions of the macroscopic hypothesis of space and time, according to which space and time extinct in microcosm, and thus he comes to contradiction with the thesis of universality of space and time as forms of existence of matter. He proves its unmaintainability and wrong presuppositions from which it stems (Grassmann's conception of spaciality and duration). The author further analyzes the logical-gnozeological and ontological aspect of the problem, as well as the problems connected with the extrapolation of the classical notions of space and time.

Mikrosvet je skúšobným kameňom materialistickej dialektiky. Práve v tejto oblasti sa dnes stretávame s mnohými problémami, ktoré predkladá filozofii súčasná fyzika elementárnych častíc. Bez ich riešenia nie je možný ďalší úspešný vývin súčasnej fyziky a tým menej fyziky elementárnych častíc. Jedným z týchto problémov je problém univerzálnosti priestoru a času. „Fyzika častíc obsahuje najfundamentálnejšie pojmy súvisiace s časom a priestorom.“ (1, s. 600)

Existujú mikroobjekty v priestore a v čase, sú priestor a čas všeobecné vlastnosti hmoty, sú univerzálne? Tieto problémy nevznikli vo fyzike elementárnych častíc náhodne. Pred niekoľkými rokmi niektorí fyzici — E. Zimmerman, T. Tati, G. Chew a ďalší — rozčarovaní mnohými neúspešnými pokusmi v súvislosti s prekonaním ťažkostí a protirečení kvantovej teórie poľa a vytvorením teórie elementárnych častíc — vyšli s hypotézou o makroskopickom charaktere priestoru a času. (2, s. 97; 3, s. 1; 4, s. 529; 5) Podľa tejto hypotézy priestor a čas v mikrosvete zanikajú a zachovávajú sa len v makrosvete. Keďže problémy a protirečenia kvantovej teórie poľa sú späté s problémom priestoru a času v mikrosvete, môžu sa radikálne rozriešiť hypotézou o makroskopickom charaktere priestoru a času: strácajú sa spolu so zánikom priestoru a času v mikrosvete.

Táto hypotéza našla podporu aj v prácach niektorých marxistických filozofov — I. S. Alexejeva, P. S. Dyšlevého a V. S. Lukianca (6, s. 159; 7, s. 230; 8, s. 232; 9, s. 25; 10), ktorí sa ju pokúsili filozoficky zdôvodniť. Samozrejme, uvedomujú si protirečenie, ktoré vzniká medzi hypotézou o makroskopickom charaktere priestoru a času a tézou o všeobecnosti priestoru a času ako foriem existencie hmoty. Niektorí z nich (napr. P. S. Dyšlevyj a V. S. Lukianec) sa pokúšajú riešiť tento problém tým, že tézu o všeobecnosti považujú

len za Engelsovu tézu, ktorá umožňuje rôzne interpretácie (11, s. 19; 12, s. 307). Pritom ide len o logickognozeologický aspekt problému. Iní (napr. I. S. Alexejev) považujú tézu o všeobecnosti priestoru a času ako foriém existencie hmoty za nesprávnu extrapoláciu, lebo bola sformulovaná na základe zovšeobecnenia poznatkov klasickej fyziky, ktorým však v mikrosvete nič nezodpovedá.

Je to tak? Téza o priestore a čase ako formách existencie hmoty skutočne zastarala? Aké sú argumenty v prospech koncepcie neuniverzálnosti priestoru a času? Dokazujú skutočné zmiznutie priestoru a času v mikrosvete? Aké sú silné a slabé stránky hypotézy o makroskopickom charaktere priestoru a času? Týmito problémami sa zaoberá naša stať. Chceme v nej ukázať, že argumenty v prospech koncepcie neuniverzálnosti priestoru a času, ktorá sa objavila v súčasnej fyzikálnej a filozofickej literatúre, vôbec nedokazujú ani zánik priestoru a času v mikrosvete, ani s tým spojenú nevyhnutnosť zrieknuť sa v teórii pojmov priestor a čas. Opierame sa pritom o kritické pripomienky vyslovené na adresu hypotézy o makroskopickom charaktere priestoru a času tak fyzikmi R. Oppenheimerom, V. Weisskopfom a inými, ako aj filozofmi Ja. F. Askinom, A. M. Mostepanenkom, V. I. Svidenským a ďalšími. (13, s. 13, 16, 20; 14; 15, s. 166; 16, s. 139; 17; 18, s. 53; 19, s. 87)

Fyzika elementárnych častíc sa približuje k hranici oblasti použiteľnosti svojich začiatkových ideí. Pojmový aparát, ktorý sa používa na opis vzájomných interakcií materiálnych objektov, ukazuje sa v mikrosvete neadekvátnym. Z toho sa obyčajne robí záver, že sa budúca teória vo všeobecnosti zriekne opisu procesov vzájomného pôsobenia medzi materiálnymi objektmi, lebo tento opis bude taký iluzórny, akými boli klasické trajektórie v nerelativistickej kvantovej mechanike. Na rozdiel od súčasných fyzikálnych teórií, v ktorých sa určitým spôsobom skúma proces vzájomného pôsobenia medzi materiálnymi objektmi, budúca teória sa predstavuje ako „zrieknutie sa takéhoto skúmania“.

Na prvý pohľad závery bezprostredne vyplývajú z predpokladov. Ale nie je to tak. Ide tu o pojmy prevzaté kvantovou teóriou poľa z dokvantovej fyziky a zásadne vychádzajúce z relativistickej predstavy o priestore a čase. Ich neadekvátnosť dokazuje, že extrapolácia týchto predstáv na mikrosvet je podľa všetkého nesprávna. Z toho však nevyplýva, že vzájomné interakcie v mikrosvete nemôžu byť principiálne teoreticky opísané. Môžu im zodpovedať iné predstavy o priestore, čase a pohybe, ako aj im adekvátne pojmy.

Analógia, ktorá sa obyčajne vidí medzi opisom vzájomných pôsobení v budúcej teórii elementárnych častíc a opisom klasických trajektórií v nerelativistickej kvantovej mechanike, v podstate neexistuje. Bola by na mieste, ak by v mikrosvete existovali klasické trajektórie, ktoré by nerelativistická kvantová mechanika nebola schopná opísať. Ale nie je to tak. Nerelativistická kvantová mechanika nie je schopná opísať klasické trajektórie v mikrosvete preto, lebo tam neexistujú.

Úspešný výskum štruktúry elementárnych častíc súčasnou fyzikou dokazuje, že sú skutočne zložitú. V kvantovej teórii poľa sa však vzájomné interakcie medzi elementárnymi časticami považujú za bodové. Experimentálne pozorovaná

štruktúra elementárnych častíc sa interpretuje ako nejaký druhoradý, dynamický efekt. Keď sa v kvantovej teórii poľa hovorí o rozmeroch elementárnych častíc, v konečnom dôsledku ide o rozmery oblasti charakteristickej pre odpovedajúce interakcie, o rádius ich pôsobenia, ktorý sa určuje hmotnosťou kvantov zodpovedajúceho poľa. Z tohto aspektu sú napr. rozmery elektrónu nekonečne veľké. Striktne povediac „z hľadiska «skutočného» rozmeru častíc elektrón aj neutrón sa v súčasnej teórii považujú za bodové, ich zodpovedajúca energia, vyjadrená kánonickými rovnicami, diverguje, a preto je potrebná ich ďalšia matematická úprava”. (20, s. 1691)¹

„Zásadná ťažkosť spočíva v samých predstavách o bodovosti častíc a lokálnosti ich interakcie — píše N. N. Bogolubov. Keďže podobné predstavy možno veľmi ľahko kritizovať ako príliš idealizované a nefyzikálne, stal sa populárnym názor, že rozriešenie týchto ťažkostí musia priniesť nové fyzikálne idey, pričom sa na začiatku k tomuto problému objaví množstvo prieskumných prác.“ (22, s. 34)

Problém, samozrejme, nie je len v tom, že predstavy o bodovosti častíc a lokálnosti ich interakcií možno veľmi ľahko kritizovať ako príliš idealizované a nefyzikálne. V známych hraniciach sú podobné predstavy správne a dejiny fyziky to nepochybne dokazujú. V určitých hraniciach nie sú vôbec príliš idealizované a nefyzikálne, ale naopak, nepochybne neprotirečia skutočnosti, a teda sú úplne fyzikálne.

Názor, že rozriešenie problémov kvantovej teórie poľa zabezpečia nové fyzikálne idey, sa nestal populárnym preto, lebo staré predstavy možno veľmi ľahko kritizovať. Tak isto ich bolo možné kritizovať aj skôr v tej priestorovo-časovej oblasti, v ktorej sa prejavujú fyzikálne. Základný problém nie je natoľko v samých predstavách o bodovosti častíc a lokálnosti ich interakcií, ako v neoprávnenej extrapolácii týchto predstáv za hranice oblasti, v ktorej sú použiteľné, a mimo ktorej protirečia skutočnosti a sú teda nefyzikálne.

Objektom kritiky sa stáva priestorovosť a trvanie. Pri hlbšom skúmaní sa však ukazuje, že ide o kritiku predstavy priestorovosti a trvania v Grassmannovom zmysle. Grassmannovské chápanie priestorovosti prijaté v matematike vyjadruje vzťahy prvkov v systéme. Jeho základnú vlastnosť môžeme vyjadriť takto: ak z nejakého prvku zo systému M prostredníctvom nejakej operácie získame iný prvok B tej istej podstaty, potom z B za pomoci tej istej operácie možno získať prvok C tej istej podstaty, potom D atď.

Táto procedúra vychádza z princípu nekonečnej totožnej opakovanosti. Kritika pojmu priestorovosť je kritikou práve takéhoto chápania priestorovosti. Je celkom oprávnená, lebo je to kritika predstavy priestorovosti ako čistej kvantity, niečoho neštruktúrneho, čisto spojitého a len extenzívneho. Jediný

¹ Mnohým sa táto ťažkosť zdá už prekonaná. Prečíslovanie, rôzne matematické operácie, zavedenie rôznych form-faktorov a podobné procedúry sa považujú za riešenie problému. „Ludia už získali takú prax v schovávaní všetkých odpadkov pod koberec, že časom sa to už nezdá také seriózne.“ (21, s. 180) A navyše sa vo všetkých týchto procedúrach divergentné výrazy s väčšou alebo menšou eleganciou jednoducho odhadzujú. Problémy s nekonečnosťami sa však tým neprekonávajú, ale len obchádzajú.

(hoci aj principiálny) nedostatok tejto kritiky je v tom, že spolu s taktó chápanou priestorovosťou vyhadzuje aj priestorovosť všeobecne.

Pritom však priestorovosť v grassmannovskom zmysle a priestorovosť všeobecne sú dve rôzne veci. Kritika grassmannovského chápania dokazuje len to, že priestorovosť reálneho priestoru nie je len niečo čisto kvantitatívne, neštruktúrne, celkom spojitá a len extenzívne. Napokon aj sám autor teórie priestorovosti, na rozdiel od mnohých svojich súčasných nasledovníkov, striktné rozlišoval na jednej strane „teóriu priestorovosti v jej abstraktnej forme, ... na druhej strane jej konkrétne (hoci ohraničené) zobrazenie, teóriu priestoru“, abstraktnú priestorovosť „predpokladanú samým myslením“ a reálnu priestorovosť, existujúcu nezávisle od neho. (23, s. 74) Jediné spresnenie, ktoré musíme urobiť v spojitosti s Grassmannovou poznámkou, je, že abstraktná priestorovosť, ako aj ľubovoľný matematický pojem je známou idealizáciou, a teda ohraničeným odrazom priestorovosti reálneho priestoru.

Kritika grassmannovského chápania priestorovosti je teda v podstate kritikou stotožnenia abstraktnej priestorovosti a priestorovosti reálneho priestoru. Dokazuje, že reálna priestorovosť je jednotou kvantity a kvality a je charakterizovaná kategóriou miery. Má zodpovedajúcu štruktúru, je jednotou extenzívneho a intenzívneho, spojitosti a diskretnosti. Na rozdiel od abstraktnej priestorovosti (v grassmannovskom zmysle), ktorá je vlastnosťou systému (v podstate niečím vonkajším vo vzťahu k jeho prvkom), nezávisiacou od konkrétnej podstaty, reálna priestorovosť je vnútornou vlastnosťou hmoty a konkrétnou podstatou materiálnych objektov. Vzájomné vzťahy medzi nimi určujú jej konkrétnu formu.

Kritika grassmannovského chápania priestorovosti neobsahuje však žiadne argumenty v prospech koncepcie neuniverzálnosti priestoru a času. Záver, ku ktorému dochádzajú stúpenci tejto koncepcie, že „priestorovosť nie je všeobecnou vlastnosťou hmoty“, nevyplýva z kritiky takéhoto chápania priestorovosti. Pojem priestorovosti (a trvania) sa môže použiť na opis skutočností všade tam, kde existuje systém diskretných prvkov (objektov, ich stavov) a kde existujú medzi diskretnými prvkami nejaké vzťahy, ktoré zabezpečujú spojitost medzi nimi, ich prechod jedného do druhého.

Filozofická argumentácia v prospech koncepcie neuniverzálnosti priestoru a času vychádza z predpokladu, že nevyhnutnou podmienkou existencie priestoru a času je existencia rozdielov medzi materiálnymi objektmi. Rozdiely medzi materiálnymi objektmi delia stúpenci tejto koncepcie na rozdiely prvého a druhého rádu. K prvým radia „rozdiely ako také“, k druhým priestorové a časové rozdiely, rozdiely podľa vlastností a kauzálne rozdiely. Predpokladá sa, že rozdiely druhého rádu sú navzájom nezávislé, môžu existovať spolu, ale aj každý osobitne.

Tento predpoklad je neodôvodnený. Priestorové a časové rozdiely sú závislé od rozdielov vo vlastnostiach. 1. Priestor a čas sú samy vlastnosti hmoty. 2. Sú závislé od iných jej vlastností (24; 25, s. 44; 26, s. 167).² Tvrdenie, že materiálne objekty môžu byť stotožnené podľa svojich priestorových

² Pozri nasledujúce strany tejto state.

a časových charakteristík, pričom sa navzájom líšia svojimi vlastnosťami, protirečí súčasnej fyzike. To by iste bolo možné tvrdiť aj o kauzálnych rozdieloch (s príslušnými zmenami).

Svedčia o tom aj príklady, ktoré zvyčajne uvádzajú stúpenci neuniverzálnosti priestoru a času. Pri bližšom skúmaní však ani jeden z nich nedokazuje túto koncepciu všeobecne, ani jej konkrétne vyjadrenie vo forme hypotézy o makroskopickom charaktere priestoru a času. Elektromagnetické a gravitačné polia skutočne môžu koexistovať v tej istej oblasti priestoru. Avšak to vôbec neznamená, že existujú mimo priestoru a času, ani to, že majú totožné priestorové a časové charakteristiky. Neexistujú dve absolútne rovnaké elektromagnetické vlny, ktoré majú totožné priestorovo-časové charakteristiky a ktoré sa navzájom líšia len svojím pôsobením.

Ani odvolávanie sa na kvantovú mechaniku nie je presvedčivé. Napriek názoru stúpcov koncepcie neuniverzálnosti priestoru a času sú pojmy priestorovosť a trvanie použiteľné v mikrosystéme a aplikovateľné na jeho zmeny stavu, lebo stabilný a v priestore i čase ohraničený mikrosystém má diskretnú štruktúru stavov, ktoré sú medzi sebou spojené určitými vzťahmi.

Vzťahy neurčitosti

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar, \Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

aj napriek vzájomnej rozdielnosti presvedčivo dokazujú, že nepriestorové a netrvalé javy sú v mikrosvete tak isto nemožné, ako v makrosvete. Námietka, že vzťahy neurčitosti len určujú dolnú hranicu, po ktorú môžu makroskopické pojmy opisovať priestorovo-časovú štruktúru mikroobjektov, pri hlbšom skúmaní neobstojí.

Je jasné, že treba rozlišovať medzi existenciou mikroobjektov v priestore a v čase, ich priestorovo-časovou štruktúrou a našou možnosťou opísať túto štruktúru prostredníctvom makroskopických pojmov. Z podmienky, že pomocou makroskopických pojmov nemožno opísať priestorovo-časovú štruktúru mikroobjektov, ešte nevyplýva, že neexistuje. Jasné je aj to, že ak stanovujeme dolnú priestorovo-časovú hranicu oblasti použiteľnosti makroskopických pojmov, vzťahy neurčitosti necharakterizujú len tieto pojmy a im zodpovedajúce makroskopické vlastnosti, ale aj mikroskopické pojmy a vlastnosti, napr. vzťah kinematických a dynamických vlastností mikrosystémov. Fyzika atómového jadra a fyzika elementárnych častíc to plne dokazujú. Priestorové a časové súradnice používané v klasickej a v kvantovej fyzike nie sú totožné. Avšak ani rozdiel medzi nimi nie je absolútny. Tvrdenie, že priestorové a časové súradnice používané v klasickej a kvantovej fyzike nemajú nič spoločného, je prisilné. Podobne ako klasické súradnice, aj priestorové a časové súradnice kvantovej fyziky sú priestorovo-časovými charakteristikami mikročastíc a ich interakcií. Iné je, že tieto charakteristiky sú neklasické. Preto, prirodzene, neprestanú byť priestorovo-časovými.

Kvantová teória poľa opúšťa súradnicový priestor a prechádza do priestoru impulzov. 1. Oba priestory sú však navzájom spojené a neexistuje nijaký princíp, ktorý by vylučoval možnosť spätného prechodu z priestoru impulzov

do obyčajného priestoru. 2. Ak teoretik prechádza do impulzového priestoru a pritom ignoruje obyčajný priestor a čas, môžu priestor a čas v teórii zaniknúť. Z toho však nevyplýva, že priestor a čas prestanú existovať v skutočnosti.

Z faktu, že opis mikročastíc a ich interakcií sa v kvantovej teórii poľa realizuje prostredníctvom impulzovo-energetických charakteristík, vôbec nevyplýva, že sa uskutočňuje mimo akýchkoľvek predstáv o priestore a čase. Nezávisle od toho, či si to teoretik uvedomuje, alebo nie, spolu s impulzovo-energetickými charakteristikami mikročastíc a ich interakciami sa implicitne zavádzajú isté priestoro-časové predstavy.

T. Tati sa pokúsil skonštruovať teóriu, v ktorej explicitne nevystupujú priestorové a časové súradnice. (3, s. 1) Vychádza z tézy, „že fyzikálnu teóriu možno skonštruovať bez predpokladu existencie priestoročasu, a že priestoročas môže byť vyjadrený prostredníctvom fundamentálnejších pojmov”. (3, s. 4)

T. Tati má pravdu v tom, že pojmy priestor a čas môžu byť odvodené z iných pojmov, a teda vyjadrené prostredníctvom týchto pojmov. Preto sa však ešte z objektívnej skutočnosti nestrácajú a implicitne, prostredníctvom týchto pojmov zostávajú aj v teórii. Nebudeme analyzovať Tatiho teóriu. R. Kawabe dokázal, že sa jej nepodarilo odstrániť predpoklad existencie priestoru a času. (27, s. 97)

Všeoobecne môžeme stav mikročastíc zadať bez priestorových a časových charakteristík, prostredníctvom ich vlastností, ktoré nemajú priestoro-časovú podstatu. Pri hlbšom skúmaní sa však ukazuje, že vlastnosti mikročastíc, hoci nemajú priestoro-časovú podstatu, nachádzajú sa v istom vzťahu s priestorovými a časovými charakteristikami. Samozrejme, súčasná veda zatiaľ nepozná všetky vzťahy medzi vlastnosťami mikročastíc a vlastnosťami priestoru a času. Ale spojitost mnohých z nich (ako sú energia, impulz, párnosť atď.) s vlastnosťami priestoru a času je už zrejmé.

Pre jedných je tento vzťah zrozumiteľnejší (teoréma E. Noethera o diferenciálnych invariantoch, Einsteinova rovnica pre gravitačné pole vo všeobecnej teórii relativity), pre iných menej jasný (Heisenbergove vzťahy neurčitosti, SRT — teoréma W. Pauliho, G. Lüdersa, J. Schwingera). Pre niektoré vlastností mikročastíc je tento vzťah ešte neznámy, ale keďže sú v istej koordinácii s tými vlastnosťami mikročastíc, ktorých vzťah s vlastnosťami priestoru a času je zrejмый, môžeme uvažovať o existencii vzájomného vzťahu medzi týmito vlastnosťami mikročastíc a vlastnosťami priestoru a času. Samozrejme, v explicitnej teórii ho nemusíme brať do úvahy, ale tým, prirodzene, nepreslane ešte existovať. Existuje nezávisle od toho, či ho beriem do úvahy, alebo nie.

G. Chew poznamenáva: „Narastá počet teoretikov, ktorí dochádzajú k záveru, že ak sa chceme dostať ďalej, musíme prestať rozmýšľať a hovoriť o nepozorovanom kontinuu.” (4, s. 529) Je to skutočne tak, ale vôbec nie v tom zmysle, aký sa pritom má na zreteli. Zrieknutie sa pojmu kontinua vôbec neznamená zrieknutie sa priestoru a času, ale znamená len zrieknutie sa predstavy o ich čistej spojitosti.³ Nejde tu o zánik priestoru a času v mikrosвете,

³ Druhý aspekt problému postavený G. F. Chewom o nepozorovateľnosti priestoro-časového kontinua skúmame v stati. (28, s. 35)

o ich makroskopický charakter, ale o diskretnosť priestoru a času. Hypotéza o diskretnosti priestoru a času však vôbec nedokazuje existenciu priestorovo-časovej hranice, za ktorou materiálne objekty strácajú priestorovosť a trvanie. Nedokazuje zánik priestoru a času, ale len to, že za touto priestorovo-časovou hranicou majú iné vlastnosti (metrické, topologické, vlastnosti symetrie).

E. Zimmerman je presvedčený, že pre „makroskopickú interpretáciu priestoru a času sa nemôže vypracovať žiadna alternatíva“ (2, s. 105). Podľa nášho názoru to nie je pravda. Za takú alternatívu považujeme hypotézu diskretnosti priestoru a času. Nejde tu, samozrejme, o začiatčne zjednodušené modely absolútnej diskretnosti (charakteristické pre dvadsiate-tridsiate roky), ktorých podstatou je predstava o diskretnom priestore a čase ako v spočetnej množine bodov a časových momentov, ale o ďalšie rozpracovanie hypotézy diskretnosti priestoru a času (štyridsiatych, päťdesiatych a najmä v šesťdesiatych rokoch), ktoré sa začalo v známych Snyderových prácach (29, s. 38; 30, s. 68) a pokračovalo syntézou spojitosti a diskretnosti priestoru a času (B. A. Arbutov, W. Heisenberg, Ju. A. Gelfand, V. G. Kadyševský, M. A. Markov, R. M. Mir-Kasimov, I. E. Tamm, H. Jukava atd.; 31, s. 4; 32; 33; 34, s. 52, 35; s. 27; 36; 37, s. 314, 38, s. 512). Hypotéza diskretnosti priestoru a času stále určitejšie vystupuje ako predstava existencie priestorovo-časových hraníc, ktoré navzájom oddeľujú kvalitatívne rôzne priestorovo-časové oblasti. A hoci sa to na prvý pohľad zdá paradoxné, práve táto predstava je základom všetkých doterajších pokusov prekonať ťažkosti a protirečenia kvantovej teórie poľa a rozvíjať ju ďalej. (39; 40, s. 80; 41, s. 80)

„Pojmy priestoru a času zohrávajú v súčasnej mikrofyzičke úlohu, ktorá je analogická úlohe éteru v makroskopickej fyzike koncom 19. stor.“ — tvrdí G. F. Chew. (4, s. 529)

Táto analógia však nedokazuje zánik priestoru a času v mikrosvete. Predstava, že teória relativity znamená koniec stáročných dejín éteru, je nedorozumením. So vznikom teórie relativity éter nezanikol. Zanikol len klasický, mechanický éter, namiesto ktorého sa objavilo množstvo vákuov rôznych polí. Sám autor teórie relativity to na rozdiel od mnohých svojich nasledovníkov jasne chápal. „Slovo éter zmenilo mnoho ráz svoj zmysel v procese vývinu vedy — píše Einstein a Infeld. Dnes sa už nepoužíva na označenie prostredia vytvoreného z častíc. Jeho dejiny sa však nekončia, ale pokračujú teóriou relativity.“ (42, s. 157)

Tvrdí sa, že „priestor a čas nie sú vlastné samým mikročasticami, ale vznikajú z ich vlastností presne tak, ako vznikajú termodynamické vlastnosti, t. j. ako výsledok vzájomných interakcií množiny reálne existujúcich častíc“. (2, s. 97) Vlastnosti priestoru a času sú skutočne v určitom zmysle analogické termodynamickým vlastnostiam. Aj jedny aj druhé neexistujú mimo vzájomného pôsobenia materiálnych objektov a sú výsledkom tohto pôsobenia. Ale tým sa analógia medzi nimi končí, lebo sú to podstatne rôzne výsledky.

Analógia medzi termodynamickými vlastnosťami a vlastnosťami priestoru a času dokazuje len to, že materiálne objekty majú zvláštne špecifické vlastnosti. Nedokazuje však, že materiálne objekty nemôžu mať všeobecné vlastnosti.

Samozrejme, všeobecné vlastnosti hmoty v jej rôznych stavoch sa môžu prejavovať zvlášťne, špecificky. Priestor a čas v rôznych oblastiach objektívnej reality môžu mať kvalitatívne rôzne vlastnosti. Ale existencia kvalitatívne iných vlastností priestoru a času, odlišných od makroskopických, nedokazuje neexistenciu priestoru a času.

Rozpracovanie metód kalkulu konečných rozdielov možno načrtáva sľubnú cestu ku skutočnej realizácii princípu korešpondencie medzi vlastnosťami makropriestoru, mikropriestoru a času. Podľa nášho názoru v posledných prácach V. G. Kadyševského, R. M. Mir-Kasimova a iných autorov, venovaných ďalšiemu rozpracovaniu metód kalkulu konečných rozdielov, sa dokazuje, že do matematického aparátu, ktorý opisuje euklidovské vlastnosti makroskopického priestoru a času, možno prirodzeným spôsobom zaviesť hranicu, ktorá oddeľuje dve priestorovočasové oblasti. V. G. Kadyševský, R. M. Mir-Kasimov a M. Friman píše: „Možno, že výsledky, ktoré sme získali, majú heuristický význam pre rozvoj idey kvantovania priestoročasu, lebo sme fakticky dokázali, že grupa pohybov (pseudo)euklidovského priestoru pripúšťa parameter s rozmerom dĺžky (v danom prípade je to $\hbar/m \cdot c$).“ (43, s. 652)

To, samozrejme, neznamená, že hypotéza o makroskopickom charaktere neobsahuje vôbec nič racionálneho. Vstúpenci tejto hypotézy majú pravdu v tom, že súčasná fyzika odhaľuje ohraničenosť našich predstáv o priestore a čase. To svedčí o tom, že vstupujeme do takých oblastí prírody, kde existujú iné priestorovo-časové vlastnosti, kvalitatívne odlišné od tých, ktoré veda doteraz poznala a o ktoré sa v podstate opiera súčasná teoretická fyzika. Hypotéza o makroskopickom charaktere priestoru a času absolutizuje tento rozdiel.

Vstúpenci tejto hypotézy sa domnievajú, že sa snažia „vliat staré víno kvantovej mechaniky do nových sudov“. V skutočnosti sú tieto „nové sudy“ najmenej dvestoročné a podľa nášho názoru sú pozostatkom neprekonanej inercie štýlu myslenia vo vede v 17.—19. stor., podľa ktorého existuje jedno alebo druhé, tretie neexistuje: alebo sa makropriestor a makročas principiálne neodlišujú od mikropriestoru a mikročasu, alebo vôbec nemajú nič spoločného.

Úvahy o zániku priestoru a času v mikrosвете sú cestou najmenšieho odporu. Vychádzajú zo starého logického omylu, zo stotožňovania všeobecného a zvláštného. Podobne ako vo vede 17.—19. stor. sa príčinnosť stotožňovala s klasickou kauzalitou, predstavy o priestore a čase s klasickými predstavami priestoru a času, tak sa teraz priestorovosť a trvanie stotožňujú s grassmanovským chápaním priestorovosti a trvania, priestor a čas s predstavami priestoru a času v teórii relativity.

Parafrázujúc známu Leninovu myšlienku, mohli by sme povedať: „priestor a čas zanikajú“ — to znamená, že sa stráca tá hranica, po ktorú sme poznali priestor a čas do súčasnosti. Naše poznanie preniká hlbšie. Zanikajú také vlastnosti priestoru a času, ktoré sa predtým pokladali za absolútne, prvotné (čistá spojitosť, známe metrické vlastnosti, ako aj vlastnosti symetrie atď.) a ktoré sa stávajú relatívnymi, vlastnými len niektorým stavom hmoty.

To je však len jedna strana problému. Druhá je v tom, čo máme na

zreteli, keď sa hovorí o priestore a čase. Ide len o logicko-gnozeologický aspekt problému, o pojmy, ktoré existujú iba vo vedomí človeka, alebo ide aj o ontologický aspekt problému priestoru a času, o ich objektívnu existenciu mimo a nezávisle od vedomia človeka. Vstúpenci hypotézy o makroskopickom charaktere priestoru a času sa spravidla prikláňajú k prvému riešeniu. Nehovoria o priestore a čase a o objektívnej realite všeobecne, ale len o fyzikálnom priestore a čase a o fyzikálnej realite.

E. J. Zimmerman sa napr. odvoláva na chápanie priestoru a času H. Margenau a R. Lindseema: „Fyzikálny priestor je myšlienková abstrakcia z množstva rozličných spôsobov zmyslových apercepcií.“ (2, s. 98) Takéto chápanie priestoru a času vytvára priaznivé podmienky pre ich negovanie. Pretože ak ide len o myšlienkové abstrakcie, len o pojmy, potom riešenie problému existencie alebo neexistencie priestoru a času v mnohom závisí len od vkusu teoretika. V podstate to nič nemení na veci, že neprekračujeme hranice priestoru a času v makrosvete, ale len v mikrosvete, v malých priestorovo-časových oblastiach.

Najzreteľnejšie sú obe tieto okolnosti (stotožnenie kategórie všeobecného a zvláštneho a ignorovanie ontologického aspektu problému) vyjadrené v prácach filozofov, ktorí sú vstupencami hypotézy makroskopického charakteru priestoru a času (I. S. Alexejev, P. S. Dyšlevyj, V. S. Lukianec).

Alexejevov pokus dokázať, že priestor „nemôže byť všeobecnou a univerzálnou formou existencie hmoty, ale len zvláštnou formou existencie makrohmoty“, vychádza z takej „interpretácie zmyslu kategórie priestoru“, podľa ktorej „nie je ničím iným, ako len prostriedkom individualizácie rôznych objektov“. (7, s. 231) Takáto interpretácia zdôrazňuje len logicko-gnozeologický aspekt problému, pričom ponecháva stranou ontologický zmysel kategórie priestoru. V takejto interpretácii prestáva byť kategória priestoru charakteristikou všeobecného, čo je spoločné rôznym materiálnym objektom a vzťahom medzi nimi, a redukuje sa len na „prostriedok individualizácie rôznych objektov“.

Analogicky interpretujú kategórie priestoru a času P. S. Dyšlevyj a V. S. Lukianec. Aj oni stotožňujú kategórie všeobecného a zvláštneho (priestor a čas všeobecne s priestorom a časom v teórii relativity) a ich analýza hypotézy o makroskopickom charaktere priestoru a času sa obmedzuje len na logicko-gnozeologický aspekt problému. Podľa Dyšlevého a Lukianca „radikálna zmena týchto predstáv aspoň vo fyzike mikrosveta“, ktorá „nevyužíva ako nevyhnutný predpoklad teoretické predstavy špeciálnej a všeobecnej teórie relativity“, je ekvivalentná „neúčelnosti priestorovo-časového spôsobu opisu aspoň vo fyzike elementárnych častíc“. (9, s. 26)

Priestor a čas makrosveta, sveta materiálnych objektov existujúcich v obzore našich zmyslových orgánov, a priestor a čas mikrosveta, sveta elementárnych častíc, v ktorom vládnu kvalitatívne a iné zákonitosti, podľa Dyšlevého a Lukianca neexistujú objektívne, mimo a nezávisle od akejkoľvek teórie, ale len v rámci určitého teoretického opisu objektívnej reality. „Pretože — ako zdôrazňujú — o nej možno povedať, že je »makroskopická«, »mikroskopická« alebo »megaskopická« len potom, ak bude vyjadrená v rámci istej fyzi-

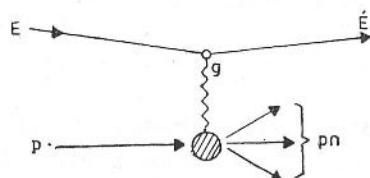
kálnej teórie, ktorá dáva zmysel týmto termínom v závislosti od výberu jednotky merania." (9, s. 35)

Zrieknutie sa takejto interpretácie kategórií priestoru a času, nesprávneho stotožnenia zvláštnych a všeobecných vlastností priestoru a času, uvedomenie si, že tu nejde len o logicko-gnozeologický, ale aj o ontologický aspekt problému, zbavuje hypotézu o makroskopickom charaktere priestoru a času jej filozofického základu. A vtedy sa ukáže, že v mikrosvete priestor a čas nezanikajú. Zanikajú len špecifické vlastnosti makropriestoru a makročasu. Hranica oddeľujúca priestor a čas od toho, čo nie je priestorom a časom, sa stáva hranicou oblasti použiteľnosti priestorovo-časových predstáv teórie relativity, hranicou, ktorá spája makropriestor a čas s mikropriestorom a časom, ktoré existujú mimo a nezávisle od akéhokoľvek teoretického opisu objektívnej reality.

Priestor a čas sú vlastnosti pohybujúcej sa hmoty. Materiálne objekty navzájom koexistujú a menia sa, sú jednotou spojitosti a diskretnosti. Sú určitou štruktúrou diskretných prvkov (objektov, ich stavov), medzi ktorými existujú isté vzťahy, realizujúce ich vzájomnú spojitost, ako aj premeny. Priestor a čas existujú natoľko, nakoľko materiálne objekty obsahujú tieto vlastnosti. Ale tieto vlastnosti vôbec nie sú špecifikom makrosveta, patria aj mikrojavom. Samozrejme, na rôznych úrovniach a v rôznych oblastiach objektívnej skutočnosti sa jednota spojitosti a diskretnosti hmoty môže prejavovať rôznymi spôsobmi. Avšak v každom prípade sa nejako prejaví.

Pri prechode z makrosveta do mikrosveta prechádzajú makropriestor a makročas, ktoré sú formami existencie makrosveta, do mikropriestoru a mikročasu, ktoré sú formami existencie mikrosveta. Informáciu o tom treba hľadať v experimentoch pri výskume štruktúry elementárnych častíc (napr. v experimentoch rozptylu elektrónov na protónoch Panovského skupiny na stanfordskom lineárnom urýchľovači elektrónov), ale aj v matematickom aparáte kvantovej teórie poľa (napr. feynmanovské diagramy).

Experimenty nepružného rozptylu elektrónov na protónoch sú v tomto aspekte osobitne zaujímavé, lebo v nich jednoducho nejde o experimentálne určenie zodpovedajúcich form-faktorov, ani o fenomenologický opis interakcií medzi elektrónmi a protónmi, ale o praktický výskum štruktúry elementárnych častíc. Schematicky sa nepružný rozptyl elektrónov na protónoch v kvantovej teórii poľa opisuje prostredníctvom feynmanovských diagramov.



E a \bar{E} sú začiatková a konečná energia rozptyľového elektrónu, g — impulz virtuálneho fotónu, p — impulz protónu do interakcie s elektrónom, pn — impulzy častíc, ktoré vznikli ako výsledok nepružného rozptylu elektrónu na protóne.

V týchto experimentoch je najzaujímavejšie, že sa pritom realizuje akoby parciálny rozptyl na nejakých častiach protónu (podľa Feynmanovej terminológie partón models), ktoré majú hmotnosť $\frac{M}{\omega}$ kde M je hmotnosť protónu a $\omega > 1$ je veličina závisiaca od p a G . Mnohé predpoklady (najsmelšie ich vyslovil F. R. Feynman), čo sú tieto protóny, či môžu existovať samostatne, aké sú ich vlastnosti (okrem predpokladov o ich spine a náboji), sa zatiaľ nedokázali. Ale aj tak experimenty nepružného rozptylu elektrónov na protónoch dokazujú, že majú svojráznu, neklasickú, nestatickú, ale nepochybne nejakú priestorovú štruktúru.

Mikrojavý majú aj časovú štruktúru, trvanie v čase. Informácie o tom netreba hľadať len v experimente, ale aj v matematickom aparáte kvantovej teórie poľa. Aparát feynmanovských diagramov (pozri napr. uvedený diagram) pri všetkej svojej nedokonalosti obsahuje túto informáciu v určitej forme. Podľa nášho názoru sa tu odohráva to, čo v dejinách vedy nie je zriedkavosťou, že matematický aparát je „múdrejší“ ako teoretik, ktorý ho používa.

Fyzika elementárnych častíc teda vôbec nedokazuje zánik priestoru a času v mikrosвете, ani nevyhnutnosť zriecť sa týchto pojmov v teórii. Zavrhuje len oprávnenosť extrapolácie klasických pojmov priestoru a času na mikrosvet a sponchybnuje oprávnenosť analogickej extrapolácie priestorovo-časových predstáv teórie relativity na mikrosvet.

LITERATÚRA

1. BETE, G.: Fyzika vysokých energií. Úspechi fyzických nauk, 1965, t. 86, vyp. 4.
2. ZIMMERMAN, E. J.: The Macroscopic Nature of Space-Time. American Journal of Physics, 1962, vol. 30, č. 2.
3. TATI, T.: Concepts of Space-Time in Physical Theories. Supplement of the Progress of Theoretical Physics. č. 29, Kyoto 1964.
4. CHEW, G. F.: The Dubious Role of the Space-Time Continuum in Microscopic Physics. Science Progress, 1963, vol. 51, č. 204.
5. ČU, Dž.: Analitičeskaja teorija S-matricy. Moskva 1968.
6. ALEKSEJEV, I. S.: K voprosu o pravomernosti primeneniya poňatij prostranstva i vremeni v fizike mikromira. In: Prostranstvo i vremia v Sovremennoj fizike. Kijev 1969.
7. ALEKSEJEV, I. S.: Prostranstvo i kvantovaja mechanika. In: Filosofskie voprosy kvantovoj fiziki. Moskva 1970.
8. DYŠLEVYJ, P. S. — LUKIANEC, V. S.: Pri kakich uslovijach gipoteza o makroskopičeskoj prirode prostranstva i vremeni imejet smysl? In: Prostranstvo i vremia v sovremennoj fizike. Kijev 1968.
9. DYŠLEVYJ, P. S. — LUKIANEC, V. S.: Problema statusa prostranstvenno-vremennyh koncepcij v teoretičeskoj fizike. Voprosy filosofii, 1970, č. 10.
10. LUKIANEC, V. S.: Fyziko-matematičeskije prostranstva i realnosť. Kijev 1971.
11. CHASANOV, J. A.: Dve koncepcii prostranstva i vremeni. Voprosy filosofii, 1966, č. 2.
12. ARONOV, R. A.: O dialektiko-materialističeskom ponimanii vzaimootnešeniya prostranstva, vremeni i materii. In: Filosofskie voprosy sovremennoj fiziki, Kijev 1964.
13. Sokraščennyj tekst teoretičeskoj diskusii 7. ijula 1962 goda na Meždunarodnoj konferencii po fizike vysokich energií. Dubna 1963.

14. ŠIROKOV, Ju. M.: Lekcii po osnovanijam relativistskoj kvantovoj teorii. Novosibirsk 1964.
15. ASKIN, Ja. F.: Problema vremeni v fizike i dialektičeskaja koncepcija razvitija. In: Prostranstvo i vremena v sovremennoj fizike. Kijev 1968.
16. SVIDERSKIJ, V. I.: O nekotorych metodologičeskych principach teorii prostranstva i vremeni. In: Prostranstvo i vremena v sovremennoj fizike. Kijev 1968.
17. MOSTEPANENKO, A. M.: Problema universalnosti osnovnych svojstv prostranstva i vremeni. Leningrad 1969.
18. ARONOV, A. R.: K gipoteze o makroskopičeskom karaktere prostranstva i vremeni. In: Filosofskie problemy teorii otnositelnosti. Moskva 1968.
19. BARAŠENKOV, Y. S.: Fizičeskije predely prostranstvenno-vremennogo opisanija. Voprosy filosofii, 1973, č. 11.
20. MAŇKO, V. I. — MARKOV, M. A.: O vozmožnosti suščestvovanija kvarkovogo sostojanija večestva v zvezde. ŽETF, 1966, t. 51.
21. FEJNMAN, R.: Charakter fizičeskich zakonov. Moskva 1968.
22. BOGOLUBOV, N. N.: Matematičeskije problemy kvantovoj teorii poľa. Uspechi matematičeskich nauk, 1965, t. 20, vyp. 3.
23. GRASSMANN, G.: Čistaja matematika i učenje o profaženosti. In: Novyje idei v matematike. Sb. 1, SPB, 1913.
24. ŠTEJMAN, R. Ja.: Prostranstvo i vremena. Moskva 1962.
25. ARONOV, R. A.: K voprosu o svjazi prostranstva i vremeni z dviženiem materii. In: Nekotoryje voprosy filosofii, č. 1, Kišinev 1959.
26. ARONOV, R. A.: K probleme prostranstva i vremeni v fizike elementarnych častic. In: Filosofskie problemy fiziki elementarnych častic. Moskva 1963.
27. KAWABE, R.: Is the Space-Time Concept not Presupposed Really in Tati's Theory? Supplement of the Progress of Theoretical Physics, 1964, č. 29.
28. ARONOV, R. A.: Vzaimootnošenije prostranstva i vremeni i prostranstva-vremeni. Filosofskie nauki, 1972, č. 4.
29. SNYDER, H. S.: Quantized Space-Time. Physical Review, 1947, vol. 71, č. 1.
30. SNYDER, H. S.: The Electromagnetic Field in Quantized Space-Time. Physical Review, 1947, vol. 72, č. 1.
31. ARBUZOV, B. A.: O vozmožnosti geometričeskoj interpretaciji slabych vzaimodejstvij leptonov. ŽETF, 1964, t. 46, vyp. 4.
32. GEJZENBERG, V.: Vvedenije v jedinuju polevuju teoriju elementarnych častic. Moskva 1968.
33. GOLFAND, Ju. A.: Kvantovaja teorija poľa v r-prostranstve postojannoj krivizny. ŽETF, 1962, t. 63, vyp. 1.
34. KADYŠEVSKIJ, V. G.: Kvantovaja teorija poľa i impulsnoje prostranstvo postojannoj krivizny. In: Problemy teoretičeskoj fiziki, Moskva 1972.
35. MARKOV, M. A.: O modeli profaženoj časticy v obščej teorii otnositelnosti. In: Neložnyje, nelinejnyje i nerenormirujemyje teorii poľa, Dubna 1970.
36. MIR-KASIMOV, R. M.: Kulonovo pole i nereativistskoje kvantovanije prostranstva. ŽETF, 1967, t. 52, vyp. 2.
37. TAMM, I. E.: On the Curved Momentum Space. In: Proceedings of the International Conference of Elementary Particles. Kyoto 1965.
38. YUKAWA, H.: Atomistics and the Divisibility of and Time. Supplement of the Progress of Theoretical Physics. 1966, č. 37—38.
39. VJALCEV, A. N.: Diskretnoje prostranstvo-vremia. Moskva 1965.
40. ARONOV, R. A.: O gipoteze preryvnosti prostranstva i vremeni. Voprosy filosofii, 1957, č. 3.

41. ARONOV, R. A.: Nepreryvnost i diskretnost prostranstva i vremeni. In: Prostranstvo, vremia i dviženije. Moskva 1970.
42. EJNŠTEJN, A. — INFELD, L.: Evolucija fiziki. Moskva 1956.
43. KADYŠEVSKIJ, V. G. — MIR-KASIMOV, R. M. — FRİMAN, M.: Razuostnyje gipergeometričeskije uravnenija i relativistskaja Kulonova problema. Jadernaja fizika, 1969, t. 9, vyp. 3.

К ПРОБЛЕМЕ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Р. А. Аронов

Развитие современной физики, прежде всего физики элементарных частиц выдвигает также целый ряд важных философских проблем. Одной из таких проблем является проблема универсальности пространства и времени. Автор статьи анализирует философские предпосылки макроскопической гипотезы пространства и времени, согласно которой пространство и время в микромире исчезают, вследствие чего эта гипотеза вступает в противоречие с тезисом о всеобщности пространства и времени как форм существования материи. Автор доказывает несостоятельность этой гипотезы, а также ошибочные предпосылки, из которых она исходит (грассмановское понимание пространственности и длительности). Далее автор анализирует логико-гносеологический и онтологический аспекты данной проблемы, а также проблемы, связанные с экстраполяцией классических понятий пространства и времени на микромир.

ZUM PROBLEM DER UNIVERSALITÄT VON RAUM UND ZEIT

R. A. Aronov

Die Entwicklung der modernen Physik, insbesondere der Physik der Elementarteilchen, bringt auch eine Reihe ernster philosophischer Probleme auf den Plan. Zu ihnen gehört auch das Problem der Universalität von Raum und Zeit. Der Verfasser untersucht in der vorliegenden Studie die philosophischen Voraussetzungen der makroskopischen Hypothese von Raum und Zeit, der zufolge Raum und Zeit in der Makrowelt untergehen, womit sie in Widerspruch mit dem Satz über die Allgemeinheit von Raum und Zeit als Existenzformen der Materie gerät. Er beweist die Unhaltbarkeit dieser Hypothese, wie auch die falschen Voraussetzungen, auf denen sie begründet ist (die grassmannsche Auffassung der Räumlichkeit und Dauer). Weiters untersucht der Verfasser den logisch-gnoseologischen und ontologischen Aspekt des gegebenen Problems, wie auch Probleme, die mit der Extrapolation der klassischen Begriffe von Raum und Zeit auf die Mikrowelt verbunden sind.