

METODOLOGICKÉ POZNÁMKY K PROBLÉMU CYKLICKEJ KAUZALITY V TEÓRII RELATIVITY

MARIÁN SKALSKÝ, Ústav marxizmu-leninizmu UK, Bratislava

SKALSKÝ, M.: Methodological Notes on the Problem of Cyclic Causality in the Relativity Theory. *Filozofia* 44, 1989, No. 4, p. 467.

In the paper the stand-point of the „central“ stream in the theory of relativity research is examined. These thinkers refused the cyclic character of causality as revealed by Gödel's works. The cyclical aspect of causality, represented in the concept of self-causality is compared with the cyclicity as used in the relativity theory. It is stated that no taking into account of the concrete mechanism of interaction in the time-space description is a reduction of the content of causal operation to a mere time-space form which does not allow for differentiation between the self-causal process proper and the mechanical rotation.

Roku 1949 pri príležitosti svojich sedemdesiatin dostáva Albert Einstein originálny darček. Nielenže vychádza špeciálne číslo časopisu *Reviews of Modern Physics* venované tomuto prednému fyzikovi, ale medzi príspevkami sa objavuje článok Kurta Gödela s názvom *Příklad nového typu kozmologického řešení Einsteinových rovnic gravitačního poľa*. Gödel, známy verejnosti skôr ako „čistý“ matematik, v ňom neprekvapil len svojim exkurzom do oblasti fyziky, ale najmä vlastnosťami, ktoré vykazoval ním proponovaný model vesmíru. Predovšetkým riešenie neobsahovalo singularitu. Tento výsledok síce nepredstavoval úplne novum — už de Sitterovo riešenie z r. 1917 nepoznalo problém singularít. No zatiaľ čo de Sitterov vesmír predstavoval úplne prázdny priestor, na základe čoho bol kvalifikovaný ako fyzikálny nereálny, Gödelov model postrádal singularitu pri uvažovaní látky s vlastnosťami ideálnej kvapaliny. Preto neprekvapuje, že Einstein, ktorý sa s prítomnosťou singularít v riešeních rovníc poľa po celý život nezmieril, Gödelovu iniciatívu len privítal. Tým skôr, že od r. 1941, keď dospel k poznatku, že neexistuje asymptoticky nezakrivené stacionárne riešenie v zaplnenom priestore oprosté od singularít¹, vkladal nádeje na prekonanie ťažkostí do programu jednotnej teórie poľa, a teda mimo rámca teórie relativity.

Avšak Gödelov model neposkytol svoju výhodu celkom nezištne. Na oplátku totiž pripúšťal existenciu uzavretých časopudobných svetočiar

¹ Už pred Einsteinom obdržali tento výsledok francúzski relativisti, no Einstein ich práce nepoznal.

predstavujúcich narušenie tradičnej lineárnej kauzality. Obrazne povedané poskytoval možnosť cestovať do minulosti a stretnúť tam samého seba v mladšom veku. Na prvý pohľad by sa zdalo, že tým sa celá záležitosť jednoznačne odhalila ako umelá konštrukcia nezodpovedajúca skutočnosti. Celý defekt sa však prejavoval až v kozmologickom kontexte. To síce nevylučovalo, ale predsa len primerane sťažovalo jeho empirické preverenie. V tomto smere sa ponúka paralela s Fridmanovým modelom poskytujúcim obraz expandujúceho vesmíru. Aj v ňom sa rozpínanie vzťahuje až na megaúroveň a v rámci „bežných“ pozemských meradiel ju nezaregistrujeme. Gödelov model síce nepatrí do triedy expandujúcich typov, ale pre zmenu zasa ako celok rotoval vzhľadom na lokálne inerciálne sústavy. Ak opäť použijeme obrazné prirovnanie, na to, aby sme mohli spozorovať porušenie lineárnej kauzality v Gödelovom časopriestore, musíme podniknúť okružnú cestu okolo celého vesmíru. Z rýdzo kvalitatívneho hľadiska na vylúčenie modelu nepostačoval dokonca ani poukaz na červený posun v spektrách galaxií (vysvetľovaný štandardným modelom ako prejav rozpínania vesmíru), pretože posun bolo možné obdržať i v ňom. Odhliadnuc od problematiky konfrontácie modelu s observačnými dátami Gödelov výsledok uviedol na scénu závažný metodologický problém. Ako je možné, že logicky konzistentná teória pripúšťa kauzálne anomálie? Alebo snáď ponúkanú možnosť nemáme považovať za defekt, ale chápať ako ďalší prípad z celej plejády zásadných korekcií klasického prístupu, s ktorými prichádza teória relativity?

Možno povedať, že Gödelov objav naplno zúročil relativistický prístup pracujúci s neeuklidovským časopriestorom. Ak si dovedty verejnosť musela zvyknúť na netradičnú možnosť zakrivenosti priestoru, teraz sa v extrémnej podobe oboznámila s dôsledkom relativistickej rovnocennosti časovej a priestorovej zložky. Charakter zakrivenia totiž nemusí vykazovať len štandardný priestor, ale dôsledne celý časopriestor. Tak ako je možné konštruovať uzavretý, no pritom neohraničený priestor, je možné „uzavrieť do seba“ i časový rozmer. Hoci tento moment mal v sebe obsiahnutý opäť už de Sitterov model, naplno zaznel až Gödelovou zásluhou. Neskôr r. 1957 R. W. Bass a L. Witten ďalej zovšeobecnilí prípad kauzálnych anomálií poukazom na ich nevyhnutnosť v ľubovoľnom uzavretom časopriestore. Spolu s tým sa ukázalo, že v týchto prípadoch nie je možné jednoznačne vymedziť smer času, ktorý má globálny význam t. j. nie je možné zaviesť jednotný kozmologický čas s lineárnym priebehom. Z topologického hľadiska sa to prejaví tým, že priestor prestáva byť jednoducho súvislý (uzavretú krivku v ňom nemôžeme spojitým spôsobom stiahnuť do bodu).

Gödelovo riešenie uviedlo kvalitatívne novú etapu v skúmaní teórie relativity. Odhalenie nečakaného variantu naznačilo, že teória relativity zďaleka neodkryla všetky svoje možnosti. V snahe zmapovať celkový rozsah možných typov relativistických časopriestorov začína sa v päťdesiatich rokoch pristupovať k vypracovaniu prehľadnej klasifikácie zá-

kladných skupín časopriestorových variet. Pre všeobecné prípady takúto klasifikáciu navrhol A. Z. Petrov (1954), zatiaľ čo v prípade homogénnych priestorov sa výhodne využila klasifikácia vytvorená ešte L. Bianchim (1918) ďalej rozšírená G. I. Kručkovičom (1957). Tento pokrok v mnohom vďaka postupnému prechodu k novému matematickému formalizmu kladúcemu dôraz prevažne na invariantné štruktúry nezávisiace od výberu konkrétnej vzťažnej sústavy (na rozdiel od dovtedajšieho prístupu sústreďujúceho sa na sledovanie jednotlivých zložiek metrického tenzora). Výskum sa ďalej upriamil na detailný rozbor efektu rotácie a do popredia záujmu sa samozrejme vysunula i problematika kauzálnych relácií vo všeobecnej teórii relativity. V našom príspevku sa chceme zamerať práve na túto poslednú oblasť.

Pretože podľa predstáv všeobecnej teórie relativity má časopriestor lokálne špeciálnorelativistickú povahu (je nezakrivený), ako prirodzená východisková opora pri vyšetrovaní kauzálnych vzťahov slúži kauzálna štruktúra Minkowského časopriestoru. V stručnosti si ju pripomeňme. Obmedzenie rýchlosti šírenia sa interakcie vedie k tomu, že s každou udalosťou sa spája tzv. svetelný kužel, ktorý rozdeľuje časopriestor na dve oblasti. Na oblasť vnútri kužela obsahujúcu všetky možné kauzálné väzby danej udalosti s udalosťami z minulosti či budúcnosti (časupodobná oblasť) a na oblasť mimo kužela, v ktorej sa nachádzajú udalosti príčinné nesúvisiace s danou udalosťou (priestorupodobná oblasť). Samotná hranica kužela vytvorená signálom šíriacim sa rýchlosťou svetla spadá do sféry kauzálného vplyvu udalosti. Pri zámene vzťažnej sústavy (čomu približne zodpovedá zmena časovej a priestorových osí) zostáva kužel invariantom čiže rozlíšenie časupodobnej a priestorupodobnej oblasti má absolútny status. Určenie časovej následnosti medzi danou udalosťou a udalosťami z jej priestorupodobnej oblasti je relatívne a závisí od výberu vzťažnej sústavy. K inej situácii však dochádza vnútri kužela. Zmenou vzťažnej sústavy síce dostanú udalosti aj v tomto prípade iné časové a priestorové určenia, ale časová následnosť medzi udalosťami rozdelenými časupodobným intervalom zostane zachovaná. Inými slovami časová postupnosť medzi príčinou a účinkom sa zachováva pri ľubovoľných časopriestorových transformáciách². Vo vnútri kužela je dané striktné rozdelenie medzi minulosťou, prítomnosťou a budúcnosťou. V rámci špeciálnej teórie relativity sa lokálne charakteristiky časopriestoru nemenia pri prechode ku globálnemu časopriestoru. Preto smer plynutia času v ňom môžeme spojiť s časovou asymetriou kauzálnych väzieb, ktorá platí v ľubovoľnej vzťažnej sústave. Časopriestorové diferen-

² Hoci vo všeobecnosti nemôžeme stotožňovať časový sled s kauzálnou postupnosťou, pri rozbere teórie relativity môžeme považovať časupodobnú krivku za ekvivalent kauzálny väzby (plynie to z jej vymedzenia). V súvislosti s tým poznamenajme, že voľné označenia „časová slučka“ a „cyklický čas“ používame v článku ako synonymá termínu „uzavretá časupodobná krivka“, t. j. ako výrazy vyjadrujúce sa ku kauzalite.

covanie udalostí v kauzálnom reťazci potom poznačuje kauzálnu štruktúru lineárnym charakterom.

Vo všeobecnej teórii relativity má síce časopriestor lokálne lineárnu príčinnú štruktúru, no táto charakteristika sa nemusí automaticky prenášať aj na globálnu úroveň. Typickým prípadom je uvedený Gödelov model. V princípe sú však prípustné ešte „exotickejšie“ prípady časopriestorov s netriviálnymi topológiami, v ktorých sa vyskytujú rôzne „nory“ či „mosty“ prepájajúce vzdialené miesta. Kapitolou samou o sebe sa tu javí problém singularity, pretože singularita ako totálna deštrukcia časopriestoru automaticky likviduje akékoľvek kauzálne vzťahy.

S odstupom času možno konštatovať, že hlavný prúd vývinu šesťdesiatych rokov odsunul v intenciách Occamovej britvy tieto varianty stranou (i keď, pravda, pozorne sledoval napr. iniciatívu Whelerovej školy, v ktorej sa snáď najvýraznejšie prejavila tendencia naplniť netypické topologické štruktúry fyzikálnym obsahom) a viac-menej jednoznačne hodnotil časopriestory nerešpektujúce lineárny typ kauzality v globálnom meradle ako fyzikálne nereálne. Svoju úlohu tu zohrali i vtedajšie astronomické pozorovania (predovšetkým objav reliktového žiarenia), ktoré rozhodli v prospech rozpínajúceho sa vesmíru rešpektujúceho lineárny charakter kauzality. Postupne sa presne špecifikovalo časopriestorové pozadie lineárneho kauzálného vzťahu a v tejto súvislosti sa rozpracovala minuciózna klasifikácia časopriestorov s lineárnym charakterom kauzality. Ak si zoradíme jednotlivé podmienky od najsľabšej po najsilnejšiu, dostávame schému (podľa 1, s. 37):

chronologická	→	príčinná	→	rozlišujúca	→
→ silno		stabilno		→ spojitó	
príčinná	→	príčinná	→	príčinná	→
→ prosto		globálno			
príčinná	→	hyperbolická			

Pri výklade jednotlivých podmienok nám nepôjde o ich rigoróznú matematickú definíciu (prípadných záujemcov odkazujeme na 1, s. 14—37), ale o ich voľný metodologický komentár. Celú schému môžeme pochopiť tak, že ide o jeden časopriestor, v ktorom postupne „upresňujeme“ podmienky zabezpečujúce linearitu príčinných väzieb alebo aj ako rozdielne časopriestory, v ktorých je všeobecná požiadavka lineárneho priebehu kauzality stále viac detailizovaná.

Najvšeobecnejší typ predstavuje chronologický časopriestor vyznačujúci sa tým, že sa v ňom nenachádza žiadna uzavretá časupodobná krivka, alebo, čo je to isté, žiadna udalosť sa nevyskytne opätovne vo svojej kauzálnnej budúcnosti. V príčinnom časopriestore navyše neexistujú ani izotropné uzavreté krivky čiže odmietnutie cyklickosti sa vzťahuje

na všetky priestorunepodobné krivky.³ Rozlišujúca podmienka je zadaná tak, že dve udalosti sa pri nej musia odlišovať aj svojou kauzálnou minulosťou a budúcnosťou. Jedná sa vlastne o svojrázne uplatnenie princípu identity rozšíreného aj na kauzálnu oblasť. Ak sme doteraz v časopriestore vylučovali možnosť časových slučiek, silno príčinná podmienka už vyžaduje, aby sme sa v budúcnosti nemohli dostať nielen do pôvodnej udalosti, ale ani do jej blízkeho okolia. Ak prekročíme časopriestorové podmienky, môžeme požiadavku voľne rozšíriť a dať jej podobu, podľa ktorej sa v kauzálnom refazci nemôžu realizovať nielen dve identické udalosti, ale ani relatívne totožné udalosti (modifikácie udalosti). Ak uvážime, že sa nesmieme dostať do okolia žiadnej už realizovanej udalosti, potom verzia aplikovaná na kauzálny refazec bude znieť: v kauzálnnej línii sa musíme neustále vzdďalovať od vlastností pôvodnej príčiny. V stabilno príčinnej podmienke navyiac zohľadňujeme aj možné perturbácie metriky v okolí danej udalosti. Ak aj dôjde k zmenám geometrie v okolí príslušnej udalosti, tieto zmeny nesmú narušiť lineárny typ kauzality. Ak uplatníme našu analógiu s kauzálnym refazcom, dostávame tvrdenie: v prípade zmien v susedských príčinných refazcoch (napr. „zmenšenie“ vzdialenosti medzi členmi, rozdiely vo vetvení línii a pod.) musia tieto zmeny rešpektovať lineárnoť kauzality. Pod spojitou príčinnou podmienkou rozumieme požiadavku, podľa ktorej sa pri spožitej zmene udalostí menia spojite aj ich kauzálné oblasti. Je ekvivalentná možnosti zaviesť v časopriestore jednotný lineárny čas globálneho charakteru. Opäť voľne rozšírené — malá zmena ktoréhokoľvek člena kauzálného radu musí viesť k malým zmenám (t. j. ani jeden člen nesmie zostať bez zmeny, no pritom táto zmena nesmie byť taká veľká, aby porušila „susedstvo“ línii) všetkých členov kauzálného refazca. Ak všetky línie túto požiadavku spĺňajú, potom sa „uberajú“ jedným smerom. Prosto príčinná podmienka sa dá voľne opísať len so značnou dávkou vágnosti. Môžeme ju pretlmočiť ako požiadavku, aby sa všetky kauzálné oblasti začleňovali do časopriestoru, pričom ich časopriestorový rozvoj si stále zachováva neobmedzený „kuželovitý“ charakter. Ak využijeme našu paralelu s kauzálnym refazcom, potom požadujeme neohraničenosť radu, pričom „pole“ pôsobnosti každej príčiny musí byť rovnaké (ak by sa napr. prvotná príčina vetvila na tri línie, musí sa takéto vetvenie zachovávať pri každom členovi postupnosti a musí platiť pre každý kauzálny rad). Navyiac ľubovoľný účinok môže mať len charakteristiky patriace do (nejakým spôsobom vymedzenej) „oblasti možného“ (v kauzálnom refazci sa nemôže realizovať „absurdita“). A nakoniec, posledná globálno-hyperbolická podmienka nám udáva, že funkcia vzdialenosti medzi udalosťami je vždy spojitá, pričom vzdialenosti môžu nadobúdať iba konečnú hod-

³ Priestorunepodobné krivky rozdeľujeme na časupodobné a izotropné. Časupodobné dostaneme pri pohyboch rýchlostí menšou ako je rýchlosť svetla, izotropné dostaneme pri pohyboch rýchlosťou svetla.

notu. Pre kauzálny rad by to znamenalo jeho nepretržitosť a v rámci zväzku kauzálnych líní by sme museli nástožiť na kauzálnu dosiahnuteľnosť ľubovoľnej udalosti (neexistuje taká udalosť, ktorá by nebola začlenená do nejakého reťazca) a ďalej na existencii susedných líní (žiadna línia nemôže byť nekonečne vzdialená od ostatných). Po prebraní všetkých prípadov ešte raz upozorňujeme na neizomorfnosť medzi striktnými matematickými podmienkami a našim transformovaním podmienok do všeobecnej metodologickej polohy. Išlo nám o využitie podnetov, ktoré poskytuje teória relativity pri úvahách o lineárnom type kauzality.

Vráťme sa však k vlastnému problému cyklickej kauzality. Ako sme už spomenuli, vývin v teórii relativity sa v šesťdesiatych rokoch postavil za koncepciu klasickej lineárnej príčinnosti. V súvislosti s tým je globálna topologická štruktúra časopriestoru analyzovaná cez prizmu kauzálnych väzieb, ktoré sa v nej môžu vytvoriť, a pokiaľ by model viedol k naštrbeniu lineárnej povahy kauzality, je pokladaný za fiktívnu konštrukciu. Cieľom nášho príspevku nie je podrobný rozbor príčin, ktoré viedli k odmietnutiu časových slučiek a chceme sa obmedziť len na úvahy metodologického rázu v širokom slova zmysle. Konkrétne nám pôjde o porovnanie cyklickej kauzality vystupujúcej v teórii relativity so všeobecnofilozofickým prístupom k problému kauzality.

Vychádzame z toho, že cyklický charakter kauzality nie je logicky chybnou koncepciou a v dialektickomaterialistickom prístupe vystupuje ako aspekt seba príčinnosti resp. ako stránka vzájomného pôsobenia. Pod seba príčinnou aktivitou systému bude vo všeobecnosti chápať všetky procesy prebiehajúce v danom systéme, pokiaľ sú tieto vyvolané samotným systémom (mimo systému samostatne nemôžu prebiehať) pričom bez týchto procesov by sa systém ako celok alebo rozpadol alebo by sa aspoň ochudobnil o nejaké vlastnosti. Nemusíme tu pritom uvažovať len o vzájomnej väzbe celku a jeho častí. Ak ľubovoľná aktivita systému smerom do okolia vyvolá také spätné pôsobenie, ktoré zvýši existenčnú stabilitu systému alebo ho obohatí o nejakú vlastnosť, môžeme tento proces zahrnúť do samopríčinnosti. Pretože pri tejto aktivite vlastne spúšťa systém vo svojom okolí mechanizmy, ktoré sú „výhodné“ pre neho, môžeme tu hovoriť o pretváraní okolia systémom resp. o produkcii „svojho“ okolia. V tomto zmysle sa ruší ostrá hranica medzi systémom a okolím — systém je otvorený. Pokiaľ sa tvorivá aktivita systému zameraná na okolie bude stupňovať, systém bude vystupovať ako „vývinovo expanzívny“.

V tradičnom chápaní kauzality označenie lineárnosti radu vyjadrovalo, že v postupnom slede príčin-účinkov $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow \dots P_n \rightarrow \dots$ dochádza len k jednosmernému pôsobeniu príčiny na účinok (napr. P_1 zapríčiňuje P_2 , ale P_2 nemôže vyvolať P_1), čo v náväznosti na celý reťazec znamená, že žiadna príčina sa v ňom nemôže opätovne vyskytnúť (zakázaný je nielen prípad $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_1$, ale i prípad typu $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow \dots \rightarrow P_n \rightarrow \dots \rightarrow P_1$). Cyklická kauzalita na rozdiel od lineárnej toto pravidlo nespĺňa. Inými slovami, nezohľadňujeme tu len jednostranné pôsobenie,

ale vzájomné pôsobenie príčiny a účinku, prípadne taký sled účinkov danej príčiny, ktoré spätne realizujú pôvodnú príčinu. Pokiaľ chceme toto veľmi široké vymedzenie vzťahu príčiny a účinku obohatiť o ďalšie učenia, musíme príčinné vzťahy skúmať v priamej nadväznosti na konkrétne deje (fyzikálne, biologické a pod.) alebo zasadiť problém kauzality do celostného systému kategórií. Pretože teória relativity sa vyjadruje k časopriestorovej stránke fyzikálnych príčinných procesov, ak chceme porovnať prípad časových slučiek s všeobecným rozborom sebapríčinnosti, musíme si samopríčinnosť rozvinúť do časopriestorovej podoby. K tomu využijeme naše uvedenie samopríčinnosti v rámci vzťahu okolie-celok-časť, pričom všeobecné úvahy budeme ilustrovať na fyzikálnom materiáli.⁴

Zoberme si najprv vzťah celok a časť. Ich vzájomné podmieňovanie môže mať existenčný charakter, alebo sa môže jednať o vzájomné podmieňovanie vlastností. V prvom prípade celok pri absencii časti zaniká (napr. atóm sa pri „odstránení“ protónu z jadra mení na atóm iného prvku) a aj časť nemôže mimo celku existovať (napr. kvark mimo hadrónu). V druhom prípade celok pri strate častí mení svoje vlastnosti (napr. atóm sa pri strate elektrónu na valenčnej sfére ionizuje, a tým nadobúda nové elektrické charakteristiky) a aj časť sa môže v rôznych celkoch prejaviť rozdielnymi spôsobmi (napr. ten istý elektrón môže na valenčnej sfére „dotvoriť“ atóm na stabilný prvok, ktorý sa ťažko zlučuje, ale iný atóm môže naopak zmeniť na ľahko reaktívny prvok). Obe stránky vzťahu (celok i časť) pôsobia na seba súčasne a z hľadiska ich vzájomného podmieňovania nemá význam diferencovať medzi nimi časovú následnosť. Čas tu figuruje len v zmysle trvania. Pokiaľ ide o priestorový aspekt, neplatí tu ostrá diferencovanosť medzi celkom a časťami. Lokalizácia súvisu je priestorovo (relatívne) vymedzená hranicami systému (napr. súvis medzi jadrom a elektrónovým obalom sprostredkovaný elektromagnetickou interakciou sa obmedzuje na atóm — navonok sa atóm, pri kompenzácii nábojov, javí ako elektricky neutrálny). Vnútri systému však do istej miery celostný súvis (zastúpený fyzikálnym poľom) splýva s časťami („prestupuje“ všetky časti) a do istej miery je od nich odlišný (pole nie je totožné s nábojmi). Podobný vzťah sa ostatne týka i častí. Každá časť prostredníctvom súvisu svojím spôsobom prechádza do inej časti (napr. vplyv častice na inú prostredníctvom poľa resp. pri kvantovomechanickej predstave vzájomná výmena virtuálnych častíc). Časový posun pri vzájomnom pôsobení celku a častí dostaneme len vtedy, ak opustíme statický obraz úplnej identity celku a častí (fyzikálne pole realizujúce celostný súvis nebudeme chápať staticky, ale dynamicky). Akonáhle uznáme vnútornú aktivitu celku, pripúšťame tým zmeny na úrovni častí, a to minimálne v ich priestorovom usporiadaní (napr. pohyb častí v elektrónovom obale atómu). Je zrejmé, že preskupovanie častí v celku je

⁴ Príklady je, samozrejme, možné uviesť aj z iných oblastí.

ohraničené hranicami systému — procesy majú priestorovo uzavretý charakter. Ak obmedzíme striedanie konfigurácií častí (v konkrétnom prípade je obmedzenie dané väzbami medzi prvkami prípadne hraničnými podmienkami) tak, že ich prebehnutie sa realizuje v kratšej dobe, ako je doba trvania systému, potom požadujeme cyklický priebeh procesov. Koniec koncov už tým, že predpokladáme existenciu procesov v priestorovo ohraničenej oblasti, pričom tieto procesy musia zabezpečovať moment stálosti (stabilitu celku), obmedzujeme ich možný priebeh. Čas síce môžeme vzťahovať na zmenu jednotlivých konfigurácií, prípadne k perióde vystriedania sa všetkých možných pozícií, no nakoľko týmto procesom sa realizuje ten istý celok, z hľadiska celku čas v striktnom slova zmysle neplynie. Ak priznáme zmenu celku pri zmene konfigurácie, musí byť táto zmena len relatívna, veď celok pri sebareprodukčných procesoch, samozrejme, nemôže zaniknúť. Zhrnieme. Ak sa pri vnútorných procesoch sledované parametre celku nebudú meniť, v miere tejto stálosti časový posun na úrovni celku neexistuje; ak sa globálne parametre budú meniť, čiže dostávame časový posun, potom sa môžu meniť len relatívne. Pri vyzdvihnutí aspektu zmeny dostávame klasické rozlíšenie príčiny a účinku, pri zdôraznení aspektu stálosti príčina a účinko splývajú. Spojením oboch momentov dostaneme vzájomné pôsobenie medzi relatívne diferencovanou príčinou a účinkom. Pokiaľ ide o vzťah celku s okolím, situácia sa tu v zásade opakuje. Stačí, ak si uvedomíme, že vzťah celok-okolie vyjadruje vlastne vzťah časť-celok. Hoci túto všeobecnú úvahu by sme mohli ďalej prehľbovať (napr. uvažovaním kvantitatívnej a kvalitatívnej stránky, spätosti vnútorných procesov s vonkajšími prejavmi systému, vzťahu podstaty a javu atď), z hľadiska nášho zámeru nám postačuje.

Aplikujme si teraz výsledky rozboru na prípad časovej slučky. Uzatvára časupodobná krivka znamená, že v slede udalostí, ktoré môžu byť spojené príčinnými väzbami sa s istým časovým odstupom realizujú dve úplne totožné udalosti. Pretože udalosti sa od seba líšia len časopriestorovým určením, ich identita znamená zhodnosť časových a priestorových parametrov. V prípade, že zmeny udalostí identifikujeme so zmenou na úrovni celku, odhliadame od vnútornej štruktúry celku (udalosť predstavuje bod v časopriestore). Slučka potom nemôže vyjadrovať vnútorné sebapríčinné procesy v systéme, ale len ich prejav na úrovni celku. V priebehu časovej slučky sa udalosť-systém musí najprv úplne meniť (absolutizujeme prvok netotožnosti), no po istom čase sa zopakuje tá istá udalosť, uskutoční sa ten istý systém (absolutizujeme prvok totožnosti). Pri sebaurčovaní systému sa však prvok totožnosti a netotožnosti vyskytujú súčasne. Ak budeme vyžadovať úplnú identitu, vylúčime pohyb, ak zohľadníme pohyb, musíme pripustiť len relatívnu identitu stavov. Naviac, pokiaľ zostaneme len pri časopriestorových určeníach, obmedzujeme sa len na prípad mechanického rotačného pohybu.

Časové slučky sú záležitosťou celostného časopriestoru. Parciálny

objekt síce k zakrivenosti časopriestoru svojou trôškou prispieva, nó úplne ju nepodmieňuje. Pritom rozčlenenie hmotoenergie určuje len metrické vlastnosti časopriestoru, zatiaľ čo pri jeho úplnom popise potrebujeme poznať aj topologické charakteristiky. Z tohto hľadiska časupodobná krivka vystupuje ako relatívne nezávislá na konkrétnom objekte, ktorý sa po nej pohybuje. Vyjadruje teda skôr pôsobenie okolia na systém, ako pôsobenie objektu na seba. V prípade vesmíru pokrývajúceho celý časopriestor strácame podmieňovanie krivky, a tým i pohybu objektu s okolím. Svojou materiálnou náplňou vesmír jednoznačne určuje metrickú štruktúru časopriestoru. Pretože zakrivenie časopriestoru sa vo všeobecnej teórii relativity stotožňuje s gravitačným pôsobením, dostávame reprezentáciu vesmíru ako samogravitujúceho systému. Ide tu nepochybne o špecifické zachytenie sebaurčovania. Toto zohľadnenie sebaurčovania však vystupuje v ľubovoľnom relativistickom modeli vesmíru, a teda nie je zachytené cez časupodobné krivky. Pri ich uvažovaní na kozmologickej úrovni musí zostať v platnosti požiadavka relatívnej identity systému (v tomto prípade vesmíru) v priebehu zmien. Inými slovami, na jednej a tej istej úrovni nemôžeme spojiť absolútnu identitu so zmenou. A interpretácia uzavretej krivky v zmysle časovej slučky žiada od nás takéto vylučujúce sa spojenie.

Záverom uveďme, že Gödelov model neovplyvnil len istú etapu v histórii relativistických výskumov, ktorú dnes môžeme považovať za prekonanú minulosť. V poslednom čase totiž dochádza k oživeniu záujmu o túto ideu. Problém s kauzálnymi anomáliami pri rotácii sa dá totiž obísť, pokiaľ budeme uvažovať takú rýchlosť rotácie, že vesmír za obdobia „svojho života“ nestihne opísať uzavretý časupodobný cyklus. V tejto súvislosti je možné kombinovať expandujúci model (s počiatkom v čase) s rotujúcim. Rotácia vesmíru je príťažlivá v dvoch smeroch. Jednak rotácia sa v zásade vyskytuje tak na mikroúrovni (spin častíc), ako i na makroúrovni (rotačný pohyb hviezd, planét) a megaúrovni (galaxie, kopy galaxií). Smerom k počiatku rozpínania, keď dochádza k prekryvaniu sa týchto oblastí a vesmír sa stáva svojráznou „elementárnou“ časticou, sa ponúka ako prirodzené uznanie vlastného vesmírneho spinového momentu, s ktorým by súviseli neskoršie rotácie jednotlivých úrovní. Tento návrh môžeme zrejme pokladať za svojráznu reformuláciu Machovho princípu. Druhý dôvod nevychádza len z čisto hypotetických úvah, ale reaguje na merania, ktoré zistili anizotropiu v polarizácii mnohých mimogalaktických zdrojov (1982). Tento efekt by bolo možné zdôvodniť práve predpokladom globálnej rotácie vesmíru. V tomto ohľade má však Gödelov model konkurenciu v podobe anizotropných modelov vesmíru, v ktorých sa rotácia nevyskytuje.

LITERATÚRA

1. BEEM, J. — EHRLICH, P.: Globálna Lorenceva geometria. Moskva 1985.
2. BUNGE, M.: Príčinnosť. Moskva 1962.

3. Ejnštejn i filozofskie problemy fiziki XX. veka. Moskva 1979.
4. HAWKING, S. W. — ELLIS, G. F. R.: The Large Scale Structure of Space-time. Cambridge 1973.
5. IVANENKO, D. D. — PANOV, V. F.: Vrašćenije Vselennoj i kosmologija: In: Problemy gravitacii. Moskva 1986.
6. MISNER, Ch. W. — THORNE, K. S. — WHEELER, J. A.: Gravitacija. Moskva 1977.
7. MOSTEPANENKO, A. M.: Priestor a čas v makrosvete, megasvete a mikrosvete. Bratislava 1977.
8. TIPLER, F. J. — CLARKE, C. J. S. — ELLIS, G. F. R.: Singularities and Horizons — A Review Article. In: General Relativity and Gravitation. Vol. 2, ed. A. Held, New York 1980.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ПРОБЛЕМЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КАУЗАЛЬНОСТИ В ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Мариан Скальски

В 1949 году К. Гёдел опубликовал новое решение уравнений поля Эйнштейна, которое открыло новый этап в исследовании общей теории относительности. Оно дало импульс новым исследованиям во многих направлениях — классификация времени и пространства, эффект ротации, новый математический формализм — причем наибольший успех с точки зрения методологических последствий достигло исследование каузальных отношений. Дело в том, что Гёделево открытие ввело спорный элемент — возможность конструкции закрытых подобных времени световых линий. Автор статьи ставит перед собой цель во-первых, дать методологический комментарий к целой типологии, во-вторых, сравнить циклический характер каузальности, сопутствующий моменту самопричинности, с циклическостью в теории относительности. Констатируется основное различие — если концепцию относительности времени и пространства не наполнить конкретным пониманием взаимодействия, самопричинный аспект потеряет свое содержание и будет сводиться лишь к пространственно-временной форме. Нельзя будет отличить собственный самопричинный процесс от простой механической ротации. Поэтому и с методологическо-философской точки зрения отказ от циклической моделей звучит как обоснованное.