

Hugo Szántó  
**Kauzalita a teorie relativity**  
(Ruch filosofický 4, 1924, s. 291-297)

Začněme otázkou: co to znamená, abstraktně řečeno, že obec, ve které bydlím, je mi dobře známa? Jednoduše to, že vím, co kde je, např. že tento dům je vedle toho druhého, tj. znám všechny *prostorové koincidence*, popřípadě i některé časové, např. že jistý pán se večer nachází v jistém hostinci. Ve větších obcích taková názorná, subjektivní znalost nestačí, nutno zavést určování prostoru a času čísly, tj. očíslovat domy a řídit se přesně hodinami. – Podobně je to s přírodními zjevy: znát přírodu, znamená vědět, co, kde a kdy se děje. Jelikož subjektivní prostorová a časová určení, jako např. „odpoledne“, „u tohoto stromu“ atd. by se pro přírodní vědy naprosto nehodila, zavádějí se i zde prostorová a časová očíslování zjevů. Přesně vědecký popis nějaké události bude znít asi takhle: Zatmění slunce (perspektivní koincidence kotoučů slunce a měsíce) začne pro jistý bod povrchu země, určený svými přesnými zeměpisnými souřadnicemi, v určitém čase, stanoveném taktéž přesně podle astronomie.

Prostorové a časové vztahy v mé obci mají pro mě určitý subjektivní význam; pro správu obce však tento názorný, citově zabarvený význam nepřichází v úvahu, ji zajímá pouze objektivní stránka těchto vztahů, která se dá vyjádřit čísly. Na měšťě samém by se nic nezměnilo, kdyby se domy očíslovaly jinak a zavedl by se nový způsob počítání času. Tentýž pán by se objevil v témž hostinci v témž čase, jen číslo hostince a číselné označení času by se změnilo. – Podobně pro vědecký popis přírodního dění bude *zásadně* lhostejno, podle jakého systému budeme označovat prostorové a časové poměry.

Nyní bude základní myšlenka teorie relativity jasná: pro fyzika každodenní názor času a prostoru nepřichází v úvahu, on identifikuje čas a prostor se soustavou těch čísel, kterými označuje časový a prostorový pořad událostí. A relativita prostoru a času znamená, že toto očíslování událostí je v jistých mezích libovolné, asi tak, jako očíslování domů v obci. (...)

Nelze popírat, že tato základní myšlenka relativity se na první pohled velice zamlouvá, připadá zrovna jako nějaká apriorní, axiomatická věta. Podle ní, jak se Einstein vyjadřuje, čas a prostor pozbývají i posledního zbytku fyzikální předmětovosti, přestávají být členy kauzálního řetězu, kdežto v teorii Newtonově vystupují jako určité fyzikální bytosti, jež mohou něco hmatatelného a viditelného způsobit. Když se např. nějaké těleso točí kolem své osy, vzniknou centrifugální síly a tyto síly, dle Newtona, by povstaly i tehdy, kdyby kromě onoho točícího se tělesa všechna ostatní tělesa zmizela, neboť těleso by se pak točilo „vzhledem k prostoru“. Pro Einsteina je to pouhý nesmysl: „prostor“ je soustava určitých čísel a „točit se vzhledem k prostoru“ znamenalo by „točit se vzhledem k této soustavě čísel“. Na izolovaném tělese jsou, dle Einsteina, odstředivé síly nemožné.

A přece, tato zdánlivě samozřejmá relativistická myšlenka vede k vážným rozporům, na něž jsem poukázal v 7./8. čísle III. roč. „Ruchu filosofického“. Z následujících vývodů vysvitne, proč nemohu své názory v této otázce ani po výkladech pana prof. Nachtikala v 4./5. čísle IV. roč. „Ruchu“ změnit.

Je zbytečno vyložit zde onen rozpor dopodrobna. Uvedu jej pouze ve tvaru velmi názorném, jenž mu byl dán samým Einsteinem, pozměňuje jej zároveň ve smyslu obecné teorie relativity, jíž se, dle mého náhledu, výlučně týká. Kdyby se jedno z dvojčat hned po narození vydalo na kosmickou cestu a vrátilo by se teprve po mnoha letech, nastala by tato situace: Jeho bratrovi by se zdálo, že sám je jinochem, druhý však starcem, kdežto tento, poněvadž celý děj pro jeho stanovisko se dál opačně, by shledal, že naopak on je jinochem a doma zůstavší bratr starcem.

To je důsledek, ke kterému vedou formule obecné teorie relativity, počítáme-li jednou ze stanoviska jednoho, potom druhého bratra, a *zavedeme-li v obou případech gravitační síly působící na bratra trvajících v klidu vždycky tehdy, když pohybový stav druhého se nemění.*

Celá diskuse se točí právě kolem tohoto bodu: Jsou-li stanoviska obou bratrů symetrická, nebo nic, je-li dovoleno, nebo dokonce nutno uvést gravitační síly ze stanoviska obou, nebo jen ze stanoviska jednoho? Einstein v 6. čísle roč. 1918 časopisu „Die Naturwissenschaften“ řeší totiž naše paradoxon tím, že jednoho z bratrů umísťuje v tzv. inerciální soustavě, tj. takové, ve které gravitační síly nepůsobí. *Tím se uvádí umělá asymetrie a vysvětluje se symetrie ve výsledku* (tj. proč zestárnul jeden z bratrů). I pan prof. Nachtikal shledává v mém citovaném článku přehlédnutí, že „předpokládal jsem, že i ze stanoviska hodin  $H_1$  existuje gravitační pole, což není správné. Soustava  $H_1$  je trvale inerciální.“

Ani dost málo nepochybuji, že toto řešení našeho paradoxu je správné. Otázka je však jiná: *Je-li toto řešení ještě v duchu teorie relativity? Nezmanená-li spíše upuštění od její základní myšlenky?*

Vizme, co znamená toto řešení! Předpokládejme skutečný takový pokus: Je jisté, že v tomto případě bude jeden a pouze jeden z bratrů zestárlý oproti druhému. To znamená, že zkušenost nám určitě poví, který ze dvou bratrů setrval za celou dobu příběhu v inerciální soustavě. Jinými slovy: *Zkušenost nám předpisuje určitý způsob prostorovo časového očíslování událostí.* Řešení Einsteinovo (a Nachtikalovo) obsahuje implicitně uznání tohoto faktu. Tím je však řečeno, že obdoba s čísly domů v obci je falešná, že čas a prostor přece nepozbyly posledního zbytku fyzikální předmětovosti.

Myslím, že tyto vývody jsou velice jasné: I laik musí vidět, že jde tu o skutečný rozpor teorie relativity.

Rozpor, který se objevil v paradoxu obou bratrů, musí ovšem tkvít v teorii samé. Připomeňme znovu význam obecné teorie relativity, jak jej Einstein v § 3. spisu „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ rozvádí. „Všecka naše prostorově-časová konstatování záleží vždy v tom, že zjišťujeme časově-prostorové koincidence... Také výsledky našich měření pouze konstatují, že setkaly se hmotné body našich měřitek s jinými hmotnými body, popřípadě že koincidovaly ručičky hodinové, body na ciferníku a určité bodové události v téměř místě a v téměř čase.“ To je takřka surový materiál fyziky, který je dán našimi smysly, na němž žádná teorie nesmí a nemůže nic změnit. Různé teorie jsou (ovšem ve smyslu oné filosofie Machovy, z jejíhož ovzduší teorie relativity vyrostla) jen různými metodami, jimiž tento a posteriori daný materiál popisujeme. Zejména různé prostorové a časové vztahové soustavy jsou jen různým očíslováním těchto zjevů, proto v jistých mezích libovolné a tím relativní.

Vzpomeňme si dále, jak se docílí v obecné teorii relativity rovnocennosti všech vztahových soustav. Dejme tomu, že máme před sebou jistý okruh a posteriori, smyslově zjištěných koincidencí a popišme je vzhledem k nějaké libovolné soustavě prostorově-časové. Uveďme nyní nějaký jiný způsob očíslování, a sice v takové soustavě, jež se vzhledem k první nerovnoměrně pohybuje (jako brzděná lokomotiva vzhledem k okolí). *Dle teorie relativity musíme v tomto případě v onom kruhu původních koincidencí zároveň s novou soustavou zavést gravitační síly.*

Nyní se ptáme: Co jsou tyto gravitační síly? *Jsou-li pouhým pomyslem, patřícím k popisovému materiálu, anebo realitami, kterými se okruh původních koincidencí mimoděk rozšíří?* Odpověď nemůže být pochybná tomu, kdo si osvojil stanovisko Enriquesovo v „Problémech vědy“, že *síla je smyslově daným faktem, rovnocenným s jinými daty zkušenosti.*

Je třeba dále vykládat? Konsekvence jsou, myslím, nasnadě. Způsob, kterým chce Einstein obecnou relativitu všech pohybů ukázat, obsahuje těžké rozpory, a sice:

1. Odporuje myšlence relativity samé: neboť nazveme-li data smyslů fakty absolutními (což se nepříčí názorům Einsteinovým), pak můžeme říci, že *nerovnoměrný*

*pohyb jsa ve smyslu teorie ekvivalentní s určitým gravitačním polem, je sám v tomto smyslu absolutní.*

2. Zpronevřuje se svému původnímu programu tím, že *zahazuje rozdíl mezi popisovým materiálem a popsányi fakty.*

Je lehké vidět, že rozpor v paradoxu obou bratrů je přímou konsekvencí tohoto více skrytého rozporu. Je-li nerovnoměrný pohyb absolutní, musíme dospět k různým výsledkům podle toho, jak se tyto nerovnoměrné pohyby mezi oba bratry rozdělí. (...)

Einstein je však mnohem obezřelejší, než aby jej takovéhle námitky překvapily. Již na uvedeném místě, kde podává „řešení“ našeho paradoxu, předvádí také námitku, již jsme právě činili. Způsob však, kterým hledí ji vyvrátit, je, dle mého názoru, spíše zálužný než správný. Představme si, praví, letící kámen, jenž má, dle fyziky, jistou energii kinetickou. *Tato energie je jistě něco reálného.* A přece, kámen nemá žádnou rychlost, a proto ani žádnou energii kinetickou vzhledem k takové vztahové soustavě, jež je s ním těsně svázána, a proto se s ním spolu pohybuje. Podobně zmizí gravitační pole naší země v takové skříní, jež v tomto poli volně padá. Z toho Einstein dále usuzuje, že rozlišování „reálného“ a „ideálního“ pro fyziku není dost exaktní a že budeme muset spíše rozeznávat vlastnosti, jež v každé možné vztahové soustavě zůstávají nezměněny (invarianty), od takových, jež se se soustavou mění. Zejména gravitační pole je něco takového, co se se soustavou mění, a proto není „ani reálné, ani ideální“.

Touto argumentací není však nikterak vyvrácena výtká, že Einstein svou naukou stírá rozdíl mezi popisem a popsányi materiálem. Vždyť Einstein sám mluví o původně daných koincidenčních a nyní můžeme a musíme na něm žádat, aby nám určitě řekl, co tím míní. Není-li gravitační pole „ani ideální, ani reálné“, jak potom máme charakterizovat ostatní data smyslová? Jsou-li také závislá na vztahové soustavě? A můžeme potom ještě mluvit o „faktech“? Nezapředneme touto cestou do bezedného subjektivismu? A dále: Jaké stanovisko zaujímají vlastně fyzikové? Jsou-li zavřeni do „volně padajících skříní“, anebo stojí-li mimo všechny speciální soustavy při stanovení „realit“?

Zdá se mi dále, že je nesprávné mluvit o „vlastnostech proměnných“. Např. parabola má v jisté vztahové soustavě vlastnost, že její subnormála je konstantní. Tato „vnější“, na vztahové soustavě závislá vlastnost, je však znamením pro nějakou „vnitřní“ vlastnost paraboly. Změníme-li vztahovou soustavu, nezmění se tak vnitřní vlastnost, *jen výraz pro ni bude jiný.*

*Koneckonců zdá se mi, abychom mohli vývody Einsteinovy přijmout, že bychom musili se postavit na noetické stanovisko, na němž vlastnosti a jejich výrazy se nerozlišují.*

A nyní musíme hned dodat, že naše vývody netýkají se teorie relativity, jakožto teorie fyzikální. Fyzikové mají pravdu, když se nedají znepokojovat paradoxem dvou bratrů, vždyť tento paradoxon nemůže přivést teorii v rozpor se zkušeností, neboť postačí vždy předpokládat, že jeden z bratrů setrval v inerciální soustavě. Za to má toto paradoxon pro filosofické oceňování teorie velký význam. Je jisto, že dalekosáhlé filosofické důsledky, jež z části sám Einstein odvozoval ze své teorie, zatím nejsou dostatečně odůvodněny. Zdá se spíše, že spějeme k jakési syntéze názorů Einsteinových a Newtonových. Definitivně zajištěným výsledkem teorie relativity zdá se být nerozlučnost hmoty a reálného prostoru, kdežto Newton mluví o prostoru nezávislém na hmotě. Chceme však ukázat, že i nyní můžeme mluvit o prostoru „absolutním“, tj. o prostoru zkušeností jednoznačně určeném, ba že dokonce teorie relativity sama je za jistých okolností nucena vrátit se k takovému ponětí prostoru. Tímto poukazem bude zároveň filosofický význam teorie do pravého světla postaven.

Problém, kolem něhož se celá diskuse točí, je tento: jaké místo zaujímá prostor v kauzálních výkladech fyziky? U Newtona je prostor prapůvodně daným faktem, nutnou

součástí každého kauzálního výkladu, dle Einsteina však vůbec nevstupuje a nemůže vstupovat do kauzálního řetězu, jsa něčím ideálním a nikoliv reálným. Ukážeme, že v jistém smyslu mají oba pravdu, že existuje syntetické hledisko, z něhož se oba názory smíří. Toto syntetické hledisko je hledisko totální kauzality: názory Newtonovy a Einsteinovy se vztahují na dva různé momenty totální kauzality.

Totálním kauzálním výkladem rozumím přírodovědecký výklad dění, jak se kolem nás skutečně odehrává. Takový výklad obsahuje tyto momenty:

1. Vymezuje z celkového proudu kosmického dění nějaký kvaziizolovaný výsek, např. volně padající kámen a zemi bez ohledu na všecko jiné.

2. Aplikuje na tento výsek nějaké zákony přírody, např. že rychlost je úměrná času.

3. Vychází z nějaké a posteriori dané nahodilé začáteční konstelace, např. že kámen ležel na střeše a byl přesně o 12. hodině vržen dolů.

Na první moment zatím neběříme ohled, uvidíme později, jaký mu přísluší význam.

Druhý moment nám představuje *ideální stránku kauzality, moment ryzí, náhody prosté zákonitosti*, kdežto třetí moment reprezentuje její *reální stránku*, neboť přijímá ji k a posteriori dané, nahodilé skutečné konstelaci.

Vraťme se nyní na okamžik k onomu izolovanému, otáčejícímu se tělesu, o němž jsme se už zmínili, a ptejme se opět, je-li noetickým nesmyslem říkat, že se točí „vzhledem k prostoru“ a že proto na něm vznikají odstředivé síly. Na tuto otázku neodpovíme my sami, nýbrž uvedeme citát ze spisu takového známého relativisty, jakým je M. Schlick (*Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik*. Berlin 1919, s. 35 a násl.). Mach zamítl pojem absolutního pohybu, neboť pohyb už dle své definice je „změna místa“ a „místo“ je určeno pouze jinými tělesy. Schlick případně namítá, že tato argumentace, vycházející z kinematického pojmu pohybu, platí taktéž jen pro kinematiku, ale nemusí být závazná pro dynamiku, neboť není a priori vyloučeno, že dynamické vlastnosti pohybu přece dovolují stanovení absolutního prostoru a pohybu... V tom se však, prý, Newton mýlil, myslel-li, že dynamické zkušenosti už rozhodly v prospěch absolutního prostoru. Zkušenost nám totiž neukazuje tělesa, na něž nepůsobí síly (jakým má být ono izolované těleso). Zploštění země je snad účinkem velkých hmot (hvězd), které se kolem nás (relativně) točí. Před teorií relativity však toto dilema nebylo rozřešeno. Ale ani touto teorií není pouhá relativita pohybu *dokázána*, ona se nám vnucuje jen svou jednoduchostí (?) a zaokrouhleností (jak prý sám Einstein připouští). Ani to nesmíme prý myslet (a tato poznámka se obrací už proti Einsteinovi), že by Newtonova koncepce z kauzálního hlediska neobstála. Vždyť nemusíme absolutní prostor pokládat za příčinu zploštění izolovaného tělesa, *můžeme naopak tímto zploštěním definovat absolutní prostor. Otázku, proč je právě toto a ne ono těleso zploštěno, mohli bychom na roveň postavit otázce proč je nějaké těleso právě tady a ne tam . . .*

Přisvojují si tyto poslední podtržené věty Schlickovy. Absolutní prostor je podle toho definován začáteční, skutečnou konstelací všech hmot vesmíru, zejména jejich polohou, zploštěním a odstředivými silami. (Slova „proč je nějaké těleso právě tady a ne tam“, poukazují právě na tento aposteriorní charakter absolutního prostoru.) Absolutní prostor je tedy, abych tak řekl, názorná syntéza a posteriori daného začátečního stavu všech hmot vesmíru a patří tedy k reálnému momentu totální kauzality. Popírá-li teorie relativity existenci absolutního prostoru, utvrzuje nás tím jen v přesvědčení, že má na zřeteli pouze onu ideální stránku kauzality, již jsme nahoře pod 2. uvedli. (...)

Rys teorie relativity, na něž jsme právě poukázali, totiž její ideální povaha, velmi dobře se shoduje s jejím všeobecně známým převážně matematickým charakterem. Opačně, z tohoto jejího charakteru můžeme odvodit, že se vztahuje na onu ideální stránku totální kauzality, kterou jsme nahoře pod 2. uvedli. Vskutku, uvažme, že zákony fyziky se obvykle vyjadřují ve tvaru diferenciálních rovnic. *Je však známo, že diferenciální rovnice neobsahují*

*veličiny charakterizující začáteční stav systému. Ty se objevují teprve, když ony diferenciální rovnice integrujeme. A proto bude se relativistické fyzice nejlépe dařit, pokud se pohybuje v oboru diferenciálních rovnic. Ale ihned vznikne nesnáž, když se pokusí o integraci, zejména však o integraci kosmickou.*

*Tento rys relativistiky není neznám ani Einsteinovi samému. To potvrzuje dopis Einsteinův F. Seletyovi r. 1917, v němž mu píše, že „integrální principie se nehodí pro teorii relativity, jakožto pro teorii působení na blízko. (Nahewirkungstheorie)...“ (Annalen der Physik, sv. 68., 1922, s. 319.) (...)*

Nyní můžeme poukázat na jednu skrytou pohnutku, která vedla Einsteina k předpokladu konečného, ale neohrazeného prostoru. Kosmologické vybudování teorie požaduje totiž integraci diferenciálních rovnic. Předpoklad nekonečného prostoru nutil by při integraci k stanovení mezních podmínek nekonečna (které mají tentýž význam, jako veličiny určující začáteční konstelaci), tj. koneckonců (jak z našich vývodů plyne) k parciálnímu uznání absolutního prostoru. Oproti tomu předpoklad konečného, uzavřeného prostoru zbavuje nás těchto nepohodlných mezních podmínek, neboť když odpadnou meze, odpadnou i tyto mezní podmínky (nekonečno je pro integraci ekvivalentno s mezemi).

Konečnost prostoru je dále nutná, aby se relativistikou mohla rozšířit v kosmologicko-kauzální teorii. Neboť za tohoto předpokladu se celý svět podobá takovému „kvazizolovanému výseku“, jako jsme jej nahoře mezi momenty kauzality pod 1. uvedli.

Ostatně ani předpokladem konečného neomezeného prostoru neunikne relativistika parciálnímu uznání absolutního prostoru. Při studiu kosmologického problému je Einstein nucen uvést jednu určitou vztahovou soustavu, která je zkušeností jednoznačně určena, totiž onu, vzhledem k níž můžeme hmotu za trvale klidnou pokládat.“ (Kosmologische Betrachtungen usw., § 3.). Tím se vyznačuje jeden jediný systém dokonce i vzhledem k rovnoměrnému pohybu. (F. Selety, 1. c., s. 326.)

Ze dvou známek Newtonova absolutního prostoru, z nezávislosti na hmotě a z jeho jedinečnosti zbude tedy v relativistice jen tato druhá. Zdá se však, že relativistika sama obsahuje tendence, které směřují k tomu, aby mu byla přiznána i první, zejména, když relativisté mluví ryze po geometricku a metafyzicku, definující hmotu „zakřivením prostoru“ nebo jako „singulární místo v prostoru“.

A konečně, co je správné: Je-li prostor podmíněn hmotou, anebo hmota prostorem? Dle mého názoru platí oboje: první z hlediska parciálního, analytického, druhé z hlediska filosofického, totálního. A to je i v duchu relativistiky samé, neboť v ní „hmota“ a „prostor“ splývají.

Tímto způsobem bychom byli svědky opět takové „coincidentiae oppositorum“, jako ji hlásal Hegel.