

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Aleksandr Danilovich Aleksandrov  
Filosofický obsah a význam teorie relativity

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 5 (1960), No. 2, 187--208

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137055>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1960

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## DISKUSE

### FILOSOFICKÝ OBSAH A VÝZNAM TEORIE RELATIVITY<sup>1)</sup>

Člen kor. AV SSSR A. D. ALEXANDROV (Leningrad)

#### I. Úvod

Teorie relativity je fyzikální teorie prostoru a času. S teorií relativity jsou spjaty základní fyzikální pojmy, jako pohyb, hmota (massa), energie aj. Obecné závěry teorie relativity mají proto filosofický význam a nelze je pochopit bez náležitého filosofického rozboru základů této teorie. Prostor a čas jsou formy existence hmoty, tzn., že prostorové a časové vztahy neexistují samy o sobě v ryzí formě, nýbrž jsou určovány materiálními souvislostmi mezi objekty a ději. Obecné zákonitosti pro tyto souvislosti, vlastnosti prostoru a času jsou tedy zákonitosti a vlastnosti všeobecné struktury materiálních vztahů mezi objekty a jevy. Poznávání vlastností prostoru a času se tak rozvíjí v závislosti na poznávání vlastností hmoty samé.

Teorie prostoru a času klasické fyziky vyšla především z vlastností tuhých těles a vztahů mezi nimi, teorie relativity naproti tomu spočívá na výzkumech elektromagnetických dějů. Jedním z jejích základních principů je zákon o konstantní rychlosti světla (obecně o konstantní rychlosti šíření elektromagnetických vln). Za základ teorie relativity lze vzít také obecnější zákon ohraničenosti rychlosti šíření jakéhokoli působení (předávání energie). Limitní rychlostí je pak rychlost světla. V základech teorie relativity jsou tak uloženy nové poučky o obecných vlastnostech materiálních vztahů, o interakcích mezi fyzikálními ději. Již těmito stránkami je vznik a rozvoj teorie relativity potvrzením dialektického materialismu v otázkách prostoru a času jako forem existence hmoty. Teorie prostoru a času vychází ze zákonů pohybu hmoty, abstrahuje od konkrétních vlastností objektů a dějů a odvozuje obecné zákonitosti prostorových a časových vztahů a vlastností. Abstrakce od konkrétního materiálního obsahu je nezbytná, jinak by teorie relativity nemohla být teorií prostoru a času.

Hlavním závěrem teorie relativity je universální sepětí prostoru a času v jedinou formu existence hmoty — v prostoročas. Prostor a čas jsou jen jakoby relativní stránky absolutního prostoročasu, a dělení na prostor a čas nemá absolutní charakter, jak se myslelo dříve. Rozdělování na prostor a na čas se neděje samo o sobě, nýbrž jen v souvislosti s tou nebo onou vztaznou soustavou. Jinými slovy, jen prostoročasové vlastnosti objektů a vztahů a jen prostoročasové vzájemné vztahy mají absolutní charakter. Dělení na prostorové a na časové vlastnosti a vztahy je jen relativní, tj. je samo o sobě objektivní, avšak

<sup>1)</sup> Член-корр. А. Н. СССР А. Д. Александров (Ленинград), *Философское содержание и значение теории относительности*, *Voprosy filosofii*, 1, (1959). Zkrácený referát ze Vše-svazové konference o filosofických otázkách přírodovědy.

jen v té které vztažné soustavě (vzhledem k té které materiální soustavě). V mechanice a v elektrodynamice vedla teorie relativity k analogickým závěrům. Ukázalo se, že řada vlastností těles a dějů (např. napětí elektrického pole aj.), které se dříve pokládaly za nerelativní, tělesům a dějům vlastní, jsou jen relativními stránkami obecnějších vlastností.

Relativnost různých objektivních charakteristik fyzikálních jevů je dávno známa. Např. rychlost tělesa, s ní spojená kinetická energie a impuls jsou relativní, tj. jsou vymezeny nikoli pro těleso samo o sobě, nýbrž vzhledem k jiným tělesům. Předmět, který je vzhledem k Zemi v klidu, se pohybuje zároveň se Zemí vzhledem k Slunci, a oba tyto stavy (klidový vzhledem k Zemi a pohybový vzhledem ke Slunci), tedy také rychlosti a jiné pohybové charakteristiky jsou reálné, byť relativní. Teorie relativity však ukázala, že jsou relativními i takové objektivní charakteristiky jevů, které se dříve pokládaly za nerelativní: současnost a sled událostí, trvání dějů, délka, hmota (massa) aj. To ovšem nijak neznámá, že tělesa a děje samy o sobě postrádají vlastností. Každé těleso, každý děj, každá soustava událostí má určité prostoročasové vlastnosti; tyto vlastnosti se však projevují v různých souvislostech různě (např. mezi dvěma událostmi je zcela určitý prostoročasový interval, časový úsek mezi nimi je však jen relativní stránka, projev této dvojice událostí vzhledem k vztažné soustavě. V různých vztažných soustavách je tento časový úsek různě velký). Teorie relativity ukázala např. také, že absolutní povahu má jen elektromagnetické pole, že elektrické a magnetické pole jsou jen relativní stránky, tj. jsou objektivně určena jen vzhledem k té či oné vztažné soustavě. Matematicky se tento vztah mezi obecnými nerelativními vlastnostmi a jejich relativními stránkami jasně vyjadřuje tím, že fyzikální veličiny se popisují čtyřrozměrnými vektory a tensory, které nejsou závislé na vztažné soustavě, zatím co jejich součásti (složky, souřadnice) jsou relativní, tj. různé v různých vztažných soustavách.

Relativnost různých charakteristik fyzikálních jevů se chápe obecně takto: Tělesům a jevům jsou imanentní vlastnosti, jež se v různých objektivních vztazích projevují různě, a právě tyto projevy těles a dějů jsou jejich relativními charakteristikami. Relativní je stránka, hranice, projev nerelativního, absolutního. Relativní je však stejně objektivní jako tělesa a děje samy, jako jejich vlastnosti a vztahy. Dialektické materialistické chápání jednoty relativního a absolutního, vlastností a jejich projevů v různých vztazích, je protichůdné metafysickému chápání, které pouze klade jedno proti druhému, porušuje tak objektivní jednotu obojího. Teorie relativity ukázala u mnoha stránek fyzikálních jevů jejich relativnost, dříve neznámou, zároveň však ukázala obecnější vlastnosti, jejichž projevem jsou tyto relativní stránky. Ukázala tím také hlubší vnitřní souvislosti. Příkladem tu může být fundamentální zákon vzájemného vztahu mezi hmotou (massou) a energií, který je jedním z objevů teorie relativity.

Podstata teorie relativity není v tom, že objevila relativnost času, nikoli v tom, že bere jevy v jejich vztazích k různým vztažným soustavám a že vzhledem k těmto soustavám nachází různé charakteristiky jevů. Podstata teorie relativity je v tom, že představila relativní charakteristiky jen jako aspekty nerelativního, absolutního. Podstatné v teorii relativity není relativnost prostoru a času, nýbrž to, že relativnost prostoru a času je aspektem jediné absolutní formy existence hmoty — prostoročasu. Princip relativnosti tím, že postuluje invariantnost přírodních zákonů vzhledem ke všem inerciálním vztažným

soustavám, stanoví zároveň jejich nerelativní charakter. Jeví se tak spíše jako „princip nerelativnosti“. Takto chápal teorii relativity již Minkowski, který vzal pojem prostoročasové variety za základní a poukázal na to, že termín „princip relativnosti“ nebo také „postulát relativnosti“ je nevhodný pro popsání jeho podstaty, že by bylo lepší mluvit o „postulátu absolutního světa“.

Pojetí podstaty teorie relativity, která ve skutečnosti potvrzuje dialektický materialismus, bylo idealistickými vlivy zkresleno v pracích řady vědců. Nešlo tu jen o idealistické interpretace obecně filosofických otázek, spjatých s teorií relativity, ale dokonce i o deformaci fyzikálního smyslu teorie a jejích základních pojmů. Nejexponovanějším místem teorie v tomto směru je pojetí relativnosti. Jednak se význam tohoto pojmu v teorii relativity neoprávněně zveličuje, jednak se tento pojem interpretuje subjektivně, nikoli objektivně.

V teorii relativity, jak byla vypracována Einsteinem, má hlavní úlohu hledisko relativnosti, podle něhož se každý jev uvažuje v jisté vztažné soustavě. To mu odpovídá i sám název teorie. Takový přístup věci imponuje pozitivismu, i když v něm ve skutečnosti žádného pozitivismu není. Z jednostranného chápání relativnosti vznikly obtíže a omyly v chápání teorie. Je proto důležité prohloubit pojetí základů teorie relativity jako teorie absolutní formy existence hmoty — prostoročasu.

V první části tohoto referátu rozebereme kriticky řadu podstatných omylů v chápání teorie relativity, v druhé části načtrneme v hrubých rysech takové pojetí základů této teorie, které je v jistém smyslu přímo protichůdné Einsteinovu pojetí. To neznamená, že hodláme zavrhat nebo „vyvracet“ Einsteinovu teorii. Velmi rozhodně se stavíme proti označování teorie relativity za „teorii machistickou“, za „reakční einsteinianismus“ atd. Trváme však na tom, že hlubší pochopení nejen filosofického ale i fyzikálního obsahu a základů teorie relativity je nevyhnutelné.

## II. Kritika omylů v chápání teorie relativity

### 1. *Převrácená logika obvyklého vypracovávání teorie relativity a pozitivistické omyly s tím spojené*

Einstein položil za základ speciální teorie relativity dva fundamentální přírodní zákony: princip relativnosti a princip stálé rychlosti světla. První z těchto principů tvrdí, stručně řečeno, že zákony fyzikálních jevů jsou stejné vzhledem ke všem inerciálním vztažným soustavám. Druhý princip říká, že světlo se v prázdnu šíří ve všech vztažných soustavách stejnou rychlostí.

Již z toho je patrné, že základním pojmem teorie relativity je pojem vztažné soustavy, nebo s ním spjatý pojem soustavy souřadnic (prostorových a časové):  $x, y, z, t$ . Všimněme si, že první odstavec základní Einsteinovy práce<sup>2)</sup> začíná slovy: „Budíž dána soustava souřadnic...“, a že takřka každý soustavný výklad teorie relativity začíná vztažnou nebo souřadnicovou soustavou. Bez definice těchto pojmů nelze formulovat ani nejzákladnější principy teorie.

Z výše uvedených formulací základních principů teorie relativity je dále vidět, že výchozím hlediskem ve vypracování teorie je hledisko relativnosti. Neklade se otázka jevů samých, nýbrž otázka jejich vztahů k těm kterým vztaž-

<sup>2)</sup> Albert Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, Ann. der Physik, 17, 1905. Pozn. překl.

ným soustavám. Toto hledisko zpravidla převažuje v dalším rozvíjení teorie, kdy se dochází k relativnosti času, k Lorentzově zkrácení, k relativnosti hmoty (massy) atd. Vychází se předem od projevu objektu nebo děje vzhledem k vztažné soustavě.

Teorii relativity lze jak známo vykládat různým způsobem, vezme-li se za základ místo zákona stálé rychlosti světla jakýkoli jiný zákon. V každém výkladu je však základním pojmem pojem inerciální vztažné soustavy (soustavy souřadnic) a výchozím hlediskem relativnost, nikoli absolutní struktura (geometrie) prostoročasu, nikoli realita „sama“, nýbrž realita ve svém relativním projevu. Nerelativní se vymezuje přes relativní, jako invariant při transformaci souřadnic.

Takový přístup k věci je podobný tomu, jako když se určuje forma objektu z jeho různých průmětů. Je patrně zcela zbytečné říkat, že takový přístup je zcela oprávněný, neboť dovedl fakticky ke správné teorii. Nevede také k tomu, že „se objekty rozplynou ve vztazích“; výchozí pojmy: vztažná soustava a projev tělesa a děje vzhledem k ní jsou také stejně reálné jako tělesa a děje samy, jako je reálný stín vrhaný předmětem a realisující tak průnět předmětu.

Přesto má tento přístup slabiny a vede k obtížím.

Především neodpovídá tento přístup k věci náležitě objektivní logice předmětu, neboť v soulase s touto logikou je nutně prostoročas jako obecná forma existence hmoty prvotní. Předmět a jeho vlastnosti jsou prvotní, zatím co jejich relativní projevy mají druhotný charakter. Hlavním musí být absolutní; relativní je jen stránkou, aspektem absolutního, jeho hranicí. Vychází-li se z relativního jako z hlavního, staví se předmět „hlavou dolů“.

Opakujeme: jít k absolutnímu přes relativní je zcela možné, jak ukazuje sama skutečnost, že byla vybudována teorie relativity. To však neznamená, že obrácená cesta není lepší, že neodpovídá lépe podstatě věci a že nemůže vést k jejímu lepšímu chápání. V relativním je ovšem absolutní. Projev předmětu vzhledem k dané vztažné soustavě je zároveň vlastností dvojice: předmětu a vztažné soustavy. Je však třeba při nejmenším uznat, že relativní čas je jen stránkou absolutního prostoročasu, že by tedy bylo mnohem blíže podstatě věci nejprve vymezit toto absolutní kontinuum a pak vyhledávat jeho jednotlivé stránky, např. relativnost času.

Dále, vypracovávání teorie cestou od relativního k absolutnímu, bez zřetele k logice předmětu, odpovídá logice pozorování, měření, logice zkoumání objektu. Pozorovatel zjišťuje nebo n.ří především tu stránku předmětu, v níž se tento projevuje vzhledem k pozorovateli samému nebo ve vztahu k jeho pozorovacím a měřicím prostředkům. Vycházet z toho, co se pozoruje nebo naměří v dané vztažné soustavě je proto v jistém smyslu pro fyzika jednodušší a jemu bližší.

V takovém přístupu je však velké nebezpečí, které také využil positivismus. Vzniká totiž snadno představa, že relativní je spjato s pozorováním nebo měřením, že závisí na stanovisku pozorovatele, a nakonec pak, že nemá objektivní nýbrž subjektivní charakter. V tom jsou také kořeny trvalého mluvení o hledisku pozorovatele a často přímo redukce objektivní relativnosti na něco, co závisí na hledisku pozorovatele, co je tedy subjektivní.

Idealistické interpretace teorie relativity se vyznačují hlavně tím, že zaměňují objektivní relativnost relativností subjektivní. Kořeny toho jsou v poslední instanci v obrácené logice vypracovávání teorie. Jednostranné rozvíjení je zde gnoseologickým zdrojem idealismu v chápání teorie relativity.

Téže záměny, záměny objektivního se subjektivním, se dopustili i někteří sovětští autoři, stojící jinak na materialistickém stanovisku. Oni však připsali idealismus závěrům teorie samým a puncovali proto teorii relativity jako „machistickou“, jako „reakční einsteinianismus“. Příčinou takových omylů je převrácená logika při vypracovávání teorie relativity, jejíž správné aspekty autoři neviděli.

Za třetí, možnost volit různé vztažné soustavy vedla k mylnému názoru, že že objektivně relativní závisí na takové volbě, tj. že závisí zase na čemsi subjektivním. Princip relativnosti formulují ne jako fyzikální zákon, nýbrž jako princip nezávislosti přírodních zákonů na jakékoli volbě vztažné soustavy.

Avšak nic objektivního nemůže záviset na subjektivní volbě. Princip relativnosti vyslovuje skutečnost, že za stejných podmínek, realizovaných objektivně v různých inerciálních vztažných soustavách, jevy téhož typu probíhají stejně. Zamění-li se tato skutečnost tvrzením, že přírodní zákony nezávisí na volbě způsobu popisování, zbavuje se princip relativnosti charakteru fyzikálního zákona. Toto tvrzení totiž, i když je bezesporně správné, nemá žádný speciální fyzikální obsah.

Vztažnou soustavu chápou — ne-li přímo jako stanovisko pozorovatele — jako způsob popisu nebo zobrazení dějů, zaměňující tak znovu objektivní subjektivním.

Vztažná soustava je objektivní koordinace jevů vzhledem k materiálním tělesům a dějům, jež tvoří basi vztažné soustavy, koordinace, určená v poslední instanci materiálními interakcemi. I skutečnost, že můžeme volit různé souřadnicové soustavy pro popis jevů, je jen abstraktním výrazem objektivní souvislosti jevů s basemi různých vztažných soustav. Bez této objektivní skutečnosti by žádný popis neměl objektivního významu. Okolnost, že vědecké popisné metody mají objektivní základ, není ničím více než dílčím potvrzením teorie odrazu.

Hledisko, že vztažná soustava je libovolná myšlená síť, kterou pozorovatel „rýsuje“ ve vnějším světě, zastává s mimořádnou důsledností Eddington. První kapitola jeho znamenitého díla<sup>3)</sup> začíná slovy: „Pozorovatelé, kteří se nacházejí v různých pohybových stavech, musí používat pro prostorčasové vztažné různé početní schémata...“. A dále<sup>4)</sup>: „Různí pozorovatelé mohou zkoumat tytéž děje ve vnějším světě, i když zvolí různé prostorčasové vztažné soustavy. Prostorčasovou vztažnou soustavu tedy pozorovatel teprve do vnějšího světa vloží. Prostorčasové dělení, odpovídající jeho vztažné soustavě, je reprezentováno fiktivními plochami, které probíhají světem podobně, jako poledníky a rovnoběžky na zemském povrchu. Toto dělení odpovídá přirozené struktuře světa stejně málo, jako geografická síť na zemském povrchu geologické struktuře Země. Takové dělení je však velmi užitečné a pohodlné pro popisování jevů, a budeme je v dalším používat. Stále však mějme na paměti, že je fiktivní a libovolné povahy.“

Všechno to je nepravda. Poledníky a rovnoběžky na zemském povrchu sice málo odpovídají čarám geologické struktury Země, plně však odpovídají čarám, určeným objektivně zemskou rotací kolem vlastní osy. Okolnost, že Leningrad, Oslo, jižní část Grónska a jiná místa na zemském povrchu leží na téže rovnoběžce, má objektivní smysl, neboť taková fakta, jako stejná výška Polárky

<sup>3)</sup> A. S. Eddington, *Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung*, Göttingen, 1925. Pozn. překl.

<sup>4)</sup> Tamtéž.

nad obzorem v těchto místech, nebo stejné stáčení Foucaultova kyvadla v těchto místech nijak nezávisí na pozorovateli a nijak nejsou libovolná a fiktivní. Vhodnost geografické sítě pro popis jevů je tak dána nikoli libovůlí pozorovatele a požadavky „ekonomie myšlení“, nýbrž okolností, že tato síť odpovídá podstatným objektivním skutečnostem.

Zcela jistě nebude také nikdo tvrdit, že ve světě jsou „vyrýsovány“ souřadnicové sítě, nelze však také tvrdit, že takové sítě jsou zcela fiktivní. Vztažné soustavy v astronomii, v mechanice a v teorii relativity odpovídají stavbě světa, i když třeba jen v tom smyslu, že inerciální vztažné soustavy se charakterisují objektivními vlastnostmi, zcela nezávislými na vůli pozorovatele. Kdyby tomu tak nebylo, nebylo by možné experimentálně fixovat vztažné soustavy a teorie by se změnila v libovolné fiktivní schéma, jež nelze opřít o pokus. Volit libovolně tu či onu síť bez takové ztráty fyzikálního smyslu teorie je možné jen proto, že objektivně existují různé vztažné soustavy.

Zdůrazněme, že Eddington podává v citovaném odstavci definici základního pojmu teorie — definici vztažné soustavy, že tedy nejde jen o filosofickou interpretaci teorie, ale přímo o fyziku. Stejně není ani formule principu relativnosti jako principu nezávislosti přírodních zákonů na způsobu jejich popisování jen filosofickým komentářem k teorii, nýbrž formulací jejího základního zákona. Tato formulace je však — jak již bylo řečeno — chybná. V obou případech jde tedy o fyziku, a vidíme, že filosofické omyly vedou k podstatným omylům ve výkladu fyzikálních pojmů a zákonů. To ještě jednou podtrhuje nevyhnutelnou souvislost filosofických hledisek toho kterého autora s jeho pojetím vědy samé; podstrkávání subjektivního a libovolného za objektivní a nutné je v daném případě produktem jednostranného zveličování těch stránek výstavby teorie, které kladou na první místo pojem vztažné soustavy a pojem relativnosti vůbec.

Jinou variantou chybných názorů na souřadnice  $x, y, z, t$  v inerciální vztažné soustavě je představa, že tyto souřadnice se určují podmíněně smluvenými měřicími operacemi. Zde ztrácejí souřadnice znovu všechn objektivní význam, daný přírodními zákony. Každá definice pojmu má jen potud vědecký význam, pokud odráží něco objektivního, a kdyby bylo skutečně možno prostě „se domluvit“ na volbě souřadnic  $x, y, z, t$ , jak psal např. S. M. Rytov, bylo by skutečným zázrakem, že v podmíněně zavedených souřadnicích se přírodní zákony vyjadřují tak pozoruhodným způsobem, jak jej známe. Odpovídají tedy tyto souřadnice něčemu fundamentálnímu v samé povaze věcí.

Avšak obvyklý přístup k teorii relativity tuto stránku dostatečně důrazně neukazuje. Obvykle se předpokládá, že souřadnice jsou již určeny pomocí pevných měřítek, hodin a einsteinovského srovnání časů v různých místech v inerciální soustavě. Pak však vzniká otázka: odkud víme, že měřítko je pevné a že hodiny jdou správně? Tato otázka je jistě odůvodněná, je zde tedy reálná obtíž. Ve snaze najít východisko z této obtíže vyslovil L. I. Mandělštam myšlenku, že souřadnice se definují předpisem měřicí operace.

Toto řešení však přímo odporuje skutečné situaci, poněvadž měřicí operace dají racionální výsledky jen tehdy, budou-li v soulase s přírodními zákony. Kladou-li se měřicí operace před objektivní zákony, a dává-li se jim dokonce podmíněný charakter, stávají se čímsi subjektivním a zase se tu podstrkává subjektivní za objektivní. A to vše není náhodné. K tomu vede převrácená logika vypracování teorie, v níž výchozím místem je soustava souřadnic, takže otázka objektivního základu se zamlžuje. Není ovšem těžké stanovit

odpovídající objektivní význam souřadnic  $x, y, z, t$ .<sup>5)</sup> Avšak obvyklý přístup k teorii relativity to neukazuje. Snaha, najít východisko z takto vznikajících obtíží vedla pak k mylným závěrům v idealistickém duchu.

Vcelku vidíme, že obvyklé vypracování teorie relativity usnadňuje, i když je samo lze chápat zcela materialisticky, pozitivistické úchyly v nejzákladnějších otázkách teorie, a to v důsledku logiky tohoto vypracovávání, jež vychází — v rozporu s logikou předmětu — z relativního.

## 2. O tak zvané obecné relativnosti

Einsteinovo zveličování úlohy relativnosti, spjaté s logikou vypracování teorie, vedlo k podstatným omylům v chápání jejího fyzikálního obsahu. Einstein viděl podstatu své speciální teorie relativity v principu relativnosti, nikoli v nalezení vlastností absolutního prostoročasu. To ho s ním vedlo k pokusům tento princip zobecnit na jakýkoli pohyb, na libovolné vztažné soustavy.

Často se tvrdí, že speciální teorie relativity má co činit jen s inerciálními vztažnými soustavami, že v ní např. „nejsou přípustné“ souřadnice, spjaté s rotujícím tělesem,<sup>6)</sup> že jen obecná teorie relativity připouští libovolné souřadnicové soustavy. To však není pravda, již proto ne, že ve speciální teorii relativity se fakticky používá neinerciálních soustav, o čemž je možno se přesvědčit v různých pracích, např. v Pauliho práci „Teorie relativity“.<sup>7)</sup> Základní rozdíl mezi speciální a obecnou teorií relativity není v obecnosti přípustných souřadnicových soustav, nýbrž v různých představách o vlastnostech prostoročasu. Chybný názor, že rozdíl v obou teoriích je v obecnosti „přípustných souřadnicových soustav“, je zřejmě důsledkem toho, že se vychází ze vztažné soustavy jako ze základního pojmu, a nikoli z nerelativních vlastností prostoročasu, že se vychází z relativního a nikoli z absolutního, jak by plynulo z logiky předmětu.

Princip relativnosti je prý zobecněn v obecné teorii relativity. Podívejme se, jak se tato otázka vykládá např. v Einsteinově-Infeldově knize<sup>8)</sup>: „Můžeme fyzikální zákony formulovat tak, že platí pro všechny souřadnicové soustavy? Že tedy platí nejen pro takové souřadnicové soustavy, které se pohybují rovnoměrně, ale i pro takové souřadnicové soustavy, které se pohybují vzájemně k sobě naprosto libovolně? Je-li to možné, byly by naše obtíže odstraněny. Byli bychom pak s to užít přírodních zákonů v každé souřadnicové soustavě. Pak by prudký spor minulosti mezi názorem Ptolemaiovým a Kopernikovým byl úplně bezpředmětný. Obou souřadnicových soustav by mohlo být užito stejným právem. Obě tvrzení: „Slunce je nehybné a Země se pohybuje“ a „Slunce se pohybuje a Země je nehybná“ by byla pouze dvě na různýchmi konvencemi, týkajícími se dvou různých souřadnicových soustav.

Můžeme vskutku vybudovat relativistickou fyziku, která platí ve všech soustavách souřadnic? Fyziku, v níž není místa pro absolutní pohyb, v níž všechny pohyb je jenom relativní? To je opravdu možné.“

<sup>5)</sup> Viz např. В. А. Фок, *Теория пространства, времени и тяготения*. Jinou variantu viz v článku А. Д. Александрова a В. В. Овчинниковé v časopise *Вестник Ленинградского университета*, č. 11, 1953.

<sup>6)</sup> Viz např. А. Эйнштейн и Л. Инфельд, *Эволюция физики*, GITTL, Moskva 1956. Česky pod názvem *Fyzika jako dobrodružství poznání*, Orbis Praha, 1958.

<sup>7)</sup> W. Pauli, *Relativitätstheorie*, Lipsko 1931. Pozn. překl.

<sup>8)</sup> Albert Einstein, Leopold Infeld, *Fyzika jako dobrodružství poznání*, Orbis Praha, 1958, str. 149 a 150. Pozn. překl.



„Problém formulovat fyzikální zákony pro každou soustavu souřadnic byl rozřešen tak zvanou obecnou teorií relativity.“

V témž duchu píše Pauli ve své knize: „Princip relativity nutno zobecnit takto: obecné přírodní zákony nutno vyjádřit v takové formě, aby měly týž tvar v libovolné souřadnicové soustavě, tj. aby byly kovariantní vzhledem k libovolné transformaci souřadnic.“<sup>9)</sup>

Především je zřejmé, že obou vztažných soustav, soustavy spjaté se Zemí a soustavy spjaté se Sluncem, lze použít pro popis pohybu hvězd, a že volba jedné nebo druhé z nich je věci konvence. To však je dávno známé a ve 20. století není důvodů, proč se o to přít. Boj mezi heliocentrickým a geocentrickým názorem se netýkal otázek dohody, nýbrž objektivní struktury vesmíru. V terminologii vztažné soustavy zní otázka takto: jsou vztažné soustavy, spjaté se Zemí a vztažné soustavy, spjaté se Sluncem ekvivalentní — podobně jako je tomu u inerciálních vztažných soustav — nebo se heliocentrická vztažná soustava liší objektivně od geocentrické vztažné soustavy, tak, že ji lze privilegiovat, ne ovšem ve vulgárním smyslu, že Slunce je větší atd., nýbrž v tom smyslu, že se v ní přírodní zákony vyjadřují jinak, než ve vztažné soustavě spjaté se Zemí? Jinými slovy: má tvrzení, že se Země otáčí kolem Slunce, jen relativní význam, nebo má také absolutní charakter?

Je, známo, že vztažné soustavy, o nichž se tu mluví, nejsou ekvivalentní, neboť zákony přírody se v nich formulují různě, a že otáčení Země kolem Slunce má nejen relativní, ale i absolutní charakter. Zde není o co se přít, neboť otázka se řeší matematicky v rámci obecné teorie relativity samé, jak velmi podrobně ukázal V. A. Fok<sup>10)</sup>. Avšak spor trvá, a to zase proto, že se zveličuje význam relativnosti a úloha vztažné soustavy jako způsobu popisu jevů.

Za druhé, z toho co bylo již řečeno, plyne, že úloha, formulována Einsteinem „vypracovat reálnou relativistickou fyziku, v níž by byl nikoli absolutní nýbrž jen relativní pohyb“, obecná teorie relativity nevyřešila. Pohyb Země kolem Slunce není jen relativní. A navíc, snadno se nahlédne, že v obecné teorii relativity, necháme-li stranou její mezní případy, které neodpovídají v dostatečné míře skutečnosti, se každý pohyb ukazuje jako absolutní. Podle této teorie je totiž prostoročas nehomogenní, nejsou proto všechny směry pohybu v něm ekvivalentní.<sup>11)</sup> Obecná teorie relativity tak spíše likviduje relativnost každého pohybu, než rozšiřuje z inerciálních pohybů na libovolné pohyby.

Za třetí je princip relativnosti, který postuluje ekvivalenci libovolných souřadnicových soustav v témž smyslu, jak se postuluje princip relativnosti speciální teorie relativity pro inerciální soustavy, nemožný. To je dávno známý matematický výsledek: v žádné čtyřrozměrné varietě s libovolnou metrikou nebo s elementem oblouku tvaru  $ds^2 = g_{\lambda\mu} dx^\lambda dx^\mu$  není obecnější ekvivalence souřadnicových soustav, než je ekvivalence souřadnicových soustav ve speciální teorii relativity. Jinými slovy: taková varieta nepřipouští širší grupu

<sup>9)</sup> Viz pozn. 7).

<sup>10)</sup> В. А. Фок, *Теория пространства, времени и тяготения*, poznamenejme, že Fokovy práce vyšly a staly se známými před vydáním knihy Einsteina a Infelda, že tedy otázka musela být jasná již dříve.

<sup>11)</sup> Je-li křivost v daném bodě ve všech směrech (dvojsměrech) různá, nejsou v prostoročasu všechny směry ekvivalentní. Předpokládáme-li, že metrika prostoročasu je analytická — což je předpoklad přirozený — je prostoročas buď všude homogenní, což je nemožné při nerovnoměrném rozložení hmoty, nebo v každém bodě nehomogenní, popřípadě ve veličinách vyššího řádu.

transformací, než je grupa Lorentzova<sup>12)</sup>. Jde o matematické výsledky, je proto tvrzení, že základem teorie je nějaký obecný princip relativnosti, něco podobného, jako kdybychom řekli, že „v základech Einsteinovy teorie je obecný zákon, podle něhož  $2 \cdot 2 = 5$ .“ Co konečně předkládají Einstein a Pauli jako obecný princip relativnosti? Mluví o tom, že lze použít jakýchkoli souřadnicových soustav a o možnosti vyjádřit přírodní zákony ve formě, která zůstává ve všech takových soustavách stejná. To však vůbec není zobecněním principu relativnosti, nýbrž celkem triviální matematická úloha, z níž nelze vyvodit žádnou fyzikální teorii. Vždyť již Lagrange zavedl do mechaniky zobecněné souřadnice, a metoda zapisovat rovnice matematické fyziky v libovolných souřadnicích byla vypracována již před sto lety. Jakmile Minkowski dal rovnicím relativistické mechaniky a elektrodynamiky invariantní formu, stal se jejich zápis v libovolných souřadnicích triviální matematickou úlohou. Zde nejde o fyziku, nýbrž o formální transformace souřadnic, neznamená proto zavedení obecných souřadnic o nic větší zobecnění speciální teorie relativity, než jako je např. zobecněním analytické geometrie zavedení polárních nebo jakýchkoli jiných souřadnic místo souřadnic pravoúhlých.

Jádro věci je v tom, že do zápisu rovnice v libovolných souřadnicích se zavádějí veličiny, které charakterisují soustavu souřadnic samu, tj. zavádějí se koeficienty  $g_{\lambda\mu}$  metrické formy  $g_{\lambda\mu} dx^\lambda dx^\mu$ , vyjádřené v této souřadnicové soustavě. Zde tedy nejde o invariantnost v tom smyslu, v jakém tento pojem vystupuje v Lorentzových transformacích. Matematicky je jasné, že obecná kovariantnost není žádným zobecněním invariantnosti, tedy žádné zobecnění principu relativnosti tu nemáme.

Všechny tyto omyly pocházejí ze zveličování úlohy relativnosti a z přehlížení faktu, že vlastním jádrem Einsteinovy teorie není princip relativnosti, nýbrž objev vlastností absolutní prostorčasové variety. A právě z tohoto hlediska je nutno k obecné teorii relativity přistupovat.

Stručně řečeno, speciální teorie relativity tím, že spojila prostor a čas v jediný prostorčas, přijala hypothesu o homogenosti prostorocasu, což nachází výraz v ekvivalenci inerciálních vztažných soustav a s nimi spjatých inerciálních soustav souřadnic. Obecná teorie relativity odkládá tuto hypothesu. Její základní poučkou je, že prostorocas je nehomogenní a že jeho struktura (metrika) je dána rozložením a pohybem hmotných mas. Tato struktura určuje zároveň gravitační pole a tím také pohyb „pod vlivem gravitace“. Stručněji: obě stránky prostorocas — metrika prostorocas a pohyb hmotných mas — jsou vzájemně neoddelitelně spjaty a určují se vzájemně. Obecná teorie relativity je tedy v podstatě teorií gravitace. Obecná relativnost není, jak bylo ukázáno, možná. Einstein se při vypracovávání své teorie fakticky řídil tím, že hmota určuje vlastnosti prostorocas, tj. tím, že prostorocas je formou existence hmoty, neviděl však dobře tento filosofický princip a šel proto cestou hledání neexistující obecné relativnosti — jak známo, ne zcela bez přímého Machova vlivu. A právě proto, že Einstein fakticky vycházel ze správného

<sup>12)</sup> Jde o varietu s metrikou  $dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2$ . K Lorentzovým transformacím je tu nutno připojit ještě podobnost. Větu lze zobecnit na libovolnou dimenzi a metriku. Důkaz se najde např. v knize L. P. Eisenhart, *Riemannian Geometry*, Princeton University Press, 1949. Poznamenejme ještě, že v citované knize Pauliho je hrubá chyba. Tam se mluví o grupách, reprodukcí obecnou formu  $g_{\lambda\mu} dx^\lambda dx^\mu$ . Pro obecnou formu se však taková grupa redukuje na totožnost. Ve speciálních případech jsou možné netriviální grupy, „největší“ z nich je však zase jen Lorentzova grupa.

principu, vybudoval svou pozoruhodnou teorii. „Obecná relativnost“ zůstala vedlejším produktem, který zamlžuje podstatu teorie.

Nelze tu nevzpomenout Leninových slov:

„Tento krok<sup>13)</sup> činí a učiní soudobá fyzika, ale ona míří k této jediné správné metodě a jediné správné filosofii přírodních věd nikoli přímo, nýbrž oklikami, nikoli vědomě, nýbrž živelně, nevidouc jasně svůj „konečný cíl“, přibližujíc se k němu tápavě, kolísavě, mnohdy i zády.“<sup>14)</sup>

Přechod od homogenního prostoročasu speciální teorie relativity k prostoročasu Einsteinovy teorie gravitace je analogický přechodu od geometrie v rovině ke geometrii na zakřivené ploše. Tato analogie jde dosti daleko, a matematický aparát teorie gravitace vyrostl právě ze zobecnění geometrie na ploše. Kdybychom zde měli dosti místa k bližšímu rozboru této analogie, viděli bychom jasněji, že hledání „obecného principu relativnosti“ a jeho zaměňování „obecnou kovariantností“ je čistě matematická chyba, jejíž příčinou je zveličování úlohy principu relativnosti, který zamlžuje skutečnou podstatu Einsteinovy teorie jako teorie absolutního prostoročasového kontinua.

### 3. O některých pokusech o kritiku teorie relativity

Špatné pojetí teorie relativity a zejména její idealistické zkruslování vedly přirozeně ke snaze o jiný přístup k této teorii. U některých autorů však zašla tato snaha až k přímému odmítání teorie jako „machistické“, „reakční“ atd.

Představitelé tohoto směru neodmítají jednotlivé poučky a experimentálně ověřené závěry teorie relativity, pokládají však teorii samu za nesprávnou. Podle jejich názorů je třeba mluvit nikoli o teorii prostoročasu, nýbrž o „teorii rychlých pohybů“, která má dát alespoň jinou interpretaci pouček a konkrétních závěrů teorie relativity.

Navrhují pokládat relativistické efekty za výsledek interakce tělesa s tou či onou hmotnou soustavou, a požadují, aby se našly „příčiny“, které vyvolávají např. Lorentzovu kontrakci. Mají tedy za to, že tyč se zkracuje v důsledku interakce se soustavou, v níž se pohybuje. V souhlase s tím pak ovšem odmítají princip relativnosti.

S pokusy o takový výklad teorie relativity začal maďarský vědec Jánossy. Hlavní otázka — otázka obecných vlastností prostoročasu — se přitom ani neklade, jakoby jí nebo jejího řešení teorií relativity vůbec nebylo. Jde ve skutečnosti o snahu zachovat staré představy o prostoru a o čase, v nichž se jen speciálním mechanismem interakce realisují relativistické efekty. Že takový přístup k problému prostotu a času je za dnešního stavu vědy metafyzický, je na bíledni. Nepoložit základní otázku obecných vlastností prostoročasu je krok zpět, nikoli pokrok.

Kritikové tohoto zaměření vycházejí z tohoto předkladu jako základního: „Hmotná tělesa tvoří celistvé soustavy vzájemně těsně spjatých objektů, určité struktury, podřízené té či oné zákonitosti v ní vládnoucí.“ „V tělesech, která v tom či onom stupni mění svoje sepětí s jedinou hmotnou soustavou,

<sup>13)</sup> Od metafyzického materialismu k materialismu dialektickému. *Pozn. překl.*

<sup>14)</sup> V. I. Lenin, *Materialismus a empiriokriticismus*, Svoboda Praha, 1952, str. 299. *Pozn. překl.*

jejíž jsou částí, dochází nutně k reálným změnám prostorových a časových vlastností.<sup>15)</sup>

V takových změnách hledají autoři relativistické efekty. Že však při změnách sepětí těles se soustavami, jejichž jsou součástkami, dochází nutně k reálným změnám prostorových a časových vlastností, je triviální fakt. Náboj, který opouští hlavěň děla, se poněkud deformuje tlakem vzduchu, do něhož vletí, náramkové hodinky změní po sejmutí s ruky poněkud svůj chod v důsledku změny teploty atd. Nic z toho nemá vztah k relativistickým efektům. Tyto efekty se netýkají změn vlastností těles, nýbrž projevu těchto vlastností vzhledem k těm nebo jiným tělesům. Není proto nijak překvapující, že těleso má současně nekonečně mnoho relativních délek, hmot (mass) aj., stejně jako má nekonečně mnoho relativních rychlostí.

Obecnou chybou je zde zaměňování vlastností těles s projevem těchto vlastností. Extrémní relativistické abstrahují od nerelativních vlastností a snaží se je převést na vztahy. Zde zase vidíme druhý extrém. V obou případech se metafysicky odtrhují od sebe vlastnosti a vztahy.

Dále, každý objekt je součástí mnoha „celistvých“ soustav. Např. červená krvinka v prstu kteréhokoli člověka, jedoucího vlakem, je součástí jeho krevní soustavy, prstu, ruky, těla, vlakové soupravy se všemi cestujícími, zeměkoule se všemi předměty v ní a na ní, sluneční soustavy. Kterou z těchto soustav je míti na mysli při určování relativistických efektů ze vzájemné interakce? Autoři zapomínají, že i celý vesmír je „celistvá“ soustava. A není správnější, jde-li o teorii prostoru a času, které jsou universálními formami existence hmoty, abstrahovat od jednotlivých soustav?

Autoři tu velmi chybují v tom, že nechápou, že teorie prostoročasu vyžaduje jistého stupně abstrakce, že nemůže být teorie formy bez náležitého abstrahování od jejího obsahu. Přesně stejně je popírání ekvivalence inerciálních soustav důsledkem nepochopení, že tyto soustavy jsou ekvivalentní jen v rámci jisté abstrakce, jen vzhledem k obecným zákonům, nikoli však v konkrétním smyslu. Vždyť zrovna tak jsou pravouhlé souřadnicové soustavy v geometrii ekvivalentní jen v mezích příslušné geometrické abstrakce.

Nepochopení skutečného významu abstrakce a jejího dialektického vztahu ke konkrétnímu se tak ukazuje jako obecný rys pozitivismu a metafysického materialismu.

Krátce shrnuto jsou pokusy redukovat teorii relativity na „teorii rychlých pohybů“ atd. založeny nakonec na nedostacích v tvůrčí aplikaci dialektického materialismu na tuto teorii.

### III. Teorie relativity jako teorie struktury absolutního prostoročasu

#### 1. Obecné principy přístupu k teorii

Prostorové a časové vztahy nejsou určeny a neexistují ve skutečnosti samy o sobě v čisté formě, nýbrž jsou určovány materiálními vztahy mezi předměty a jevy. U jevu dokonale izolovaného od jiných jevů ztrácí otázka jeho místa a času všechny smysl, neboť vyloučíme-li všechny vztahy, vylučujeme současně všechny důvody pro odpověď.

<sup>15)</sup> И. В. Кузнецов, sborník *Filosofskije voprosy sovremennoj fiziki*, 1952. Takřka doslovně totéž píše v témž sborníku Р. Я. Штейнман.

Tomu odpovídá, že ani to, co se nazývá geometrií prostoročasu, není určeno samo o sobě, nýbrž že to představuje některé obecné zákony materiálních vztahů mezi předměty a jevy, prostoročasovou strukturu materiálního světa. A poněvadž forma je obecně rámcem (*strojenie*) pro obsah, plyne z řečeného, že prostoročas je formou existence hmoty.

Tato dialektická materialistická poučka je zdůvodněna celými dějinami poznávání vlastností prostoru a času, počínaje prvými pojmy o prostorových a časových vztazích, vzniklými na prahu lidského poznání, a konče teorií relativity.

Z řečeného je vidět, že racionální teorie prostoročasu musí vycházet z materiálních souvislostí mezi jevy a vyvozovat z obecných zákonů, jež v těchto souvislostech vystupují, pojmy a zákony prostoročasových vztahů. Teorie musí přitom vycházet z dostatečně obecných universálních souvislostí mezi jevy, neboť prostoročas sám má universální charakter.

Tak také ve skutečnosti postupoval Einstein. On vzal za základ své teorie zákony elektrodynamiky, především zákon šíření elektromagnetických rozruchů, které jsou právě mimořádně obecnou universální formou vztahů mezi předměty a jevy, alespoň v makrokosmu.

Teorie musí dále abstrahovat od konkrétního charakteru a v jistém stupni i od samého materiálního obsahu souvislostí mezi jevy, musí se soustředit na strukturu těchto souvislostí. Jinak by samozřejmě nebyla teorií formy existence hmoty. Teorie prostoročasu je proto nezbytně abstraktní.<sup>16)</sup>

Konečně musí teorie prostoročasu vycházet, pokud jde o universální formu existence hmoty, tj. o jisté zákony struktury světa, ze souboru vztahů mezi jevy, vzatého v celku, aby tak objevila vlastní prostoročasovou strukturu světa, vymezila absolutní prostoročasové kontinuum, a nikoli jen ty nebo ony jeho relativní aspekty.

Teorie musí tedy určit především absolutní a od absolutního jít k relativnímu, jako ke stránce, hranici, k aspektu absolutního.

Tento poslední požadavek je však přímo protichůdný cestě, kterou šel Einstein, a kterou jdou všechny obvyklé výklady teorie relativity. V soulase s touto cestou se bere za odrazíště relativní, a jak zákony prostoročasu, tak i jiné fyzikální zákony se zkoumají přes jejich projev v té či oné inerciální vztažné soustavě. Absolutní se odsunuje na druhé místo, a někdy, jak jsme viděli, uniká vůbec ze zorného pole.

Proti tomu náš požadavek, aby teorie vycházela z absolutního, aby formulovala nerelativní zákony prostoročasové struktury světa, je zcela přirozený a z filosofického hlediska dokonce nutný, neboť odpovídá logice předmětu. Je v tomto smyslu přímo protichůdný einsteinovskému přístupu k věci, přístupu, který odpovídá spíše logice pozorování nebo měření, jež se konají v té či oné vztažné soustavě.

Tak, i když se mluví o Einsteinově teorii, její stavba a chápání její podstaty musí být v jistém smyslu protichůdné einsteinovskému hledisku. Nejde pak o teorii relativity, nýbrž o teorii abstraktní prostoročasové variety, jako formy existence hmoty.

Absolutní charakter prostoročasu jakož i odpovídající formulaci principu relativnosti jako „postulátu absolutního světa“ proklamoval již Minkowski. My však půjdeme podstatně dále.

<sup>16)</sup> Někteří autoři toto nepochopili, což je dovedlo ke zcela zkresleným názorům na teorii relativity a dokonce i na obyčejnou geometrii.

Dokážeme, že pojetí teorie prostoročasu, odpovídající naznačenému programu, je zcela možné, a ukážeme v hrubých rysech, jak lze takto teorii vybudovat. Budeme se přitom zabývat především speciální teorií relativity, tj. teorií homogenního prostoročasu.

## 2. *Názorná „elektromagnetická“ představa struktury prostoročasu*

Začneme s názornými úvahami. Experiment a elementární teoretické úvahy ukazují, že každé těleso je v každém okamžiku zdrojem elektromagnetických rozruchů. Seběmenší perturbace má za následek přemístování nábojů a odpovídající vyzařování. Proto elektromagnetické signály vysílá nepřetržitě každé těleso, signály nějaké interakce pronikají všude a vytvářejí tak mezi tělesy a jejich částmi všeobecnou materiální souvislost, způsobují interakce, byť velmi nepatrné.

Můžeme si proto představit svět prostoupený zářením, které nejen vytváří materiální souvislost mezi objekty, ale také tvoří specifické elektromagnetické pozadí a vymezuje jistou soustavu vzájemných vztahů neboli strukturu v množině jevů.

Autoři, kteří odmítali nebo „vyvraceli“ teorii relativity, trvali na tom, že každé těleso se pohybuje v jistém prostředí a že vesmír je souhrn celistvých, kvalitativně specifických soustav. Vůbec však pominuli, že elektromagnetické záření je svým způsobem universální prostředí, v němž se tělesa pohybují, a že sám vesmír je celistvou soustavou, jejíž „celistvost“ se konkrétně projevuje např. také ve vzájemných vztazích těles, zprostředkovaných elektromagnetickým zářením.

Již v této názorné představě elektromagnetického pozadí a elektromagnetického sepětí těles, a tedy také v představě struktury světa, s tím spojené, je základ pro správnější pojetí teorie prostoročasu. Zejména je z tohoto hlediska snadné vysvětlit některé chyby, spojené se smutně proslulým principem relativnosti.

Jak se jeví z tohoto stanoviska otázka vztahu geocentrické a heliocentrické soustavy? Planety se pohybují v poli slunečního záření, které spolu se zářením jiných těles tvoří ono všeobecné pozadí, v němž obíhají planety kolem Slunce. Otáčení planet kolem Slunce má tudíž absolutní povahu a „spor mezi Ptolemaiem a Kopernikem“ je řešen ve prospěch Kopernika. Elektromagnetické záření Slunce ve velké vzdálenosti od něj určuje strukturu prostoročasu, jak o ní mluví speciální teorie relativity. Matematicky řečeno je vztažná soustava, spjatá se Sluncem, v nekonečnu lorentzovská; vztažné soustavy, spojené s planetami; tuto vlastnost nemají (alespoň nikoli v takovém stupni). Je tedy soustava spjatá se Sluncem objektivně „privilegovaná“, nezávisle na tom, jakým způsobem se pohyb popíše.

Také některé omyly ve výkladu principu relativnosti a pojmu vztažné soustavy lze rozebrat na podkladě představy o vzájemných vztazích těles na pozadí elektromagnetického záření.

Mluvíme-li o pozadí záření, neznamená to, že chceme restaurovat starý pojem éteru. Éter je jen prostředí, které se může pohybovat, které si však můžeme myslet také nehybné. Vlny se šíří v éteru. Záření je však pohybující se prostředí, vlny samy; nehybný elektromagnetický rozruch je pojem nemající smyslu. Není proto nic překvapujícího v tom, že pojem rychlosti vzhledem k pozadí záření nemá smyslu, na rozdíl od pojmu rychlosti vzhledem k éteru.

Pozadí záření spolu s jeho šířením v prostoru a v čase tvoří obecnou souvislost prostoru a času. V každém pohybu se ovšem realizuje speciální konkrétní souvislost a vzájemná závislost prostorového přemisťování a časového trvání. Avšak universální charakter pozadí dokazuje, že mezi prostorem a časem musí být universální souvislost, tj. poněvadž je šíření záření v prostoru a v čase nedělitelné, jsou obecně prostor a čas nedělitelné.

Přesným výrazem tohoto kvalitativního závěru je základní zákon o konstantní rychlosti světla. Konstantní není jen rychlost světla v prázdnu — nezávisle na pohybu zdroje vzhledem k libovolné inerciální soustavě — ale také rychlost čela vlny elektromagnetického rozruchu, signálu, je stejná v každém prostředí.<sup>17)</sup> A právě rychlost čela vlny má význam pro stanovení souvislosti v čase, neboť s ní jsou spjaty počáteční okamžiky vyslání a přijetí signálu.

Rychlost šíření záření má tedy universální význam. Vyjadřuje se vztahem dráhy k času; proto existence universální rychlosti znamená existenci universální souvislosti mezi prostorovými a časovými intervaly.

Pokládáme-li — v soulase s pokusem — geometrii prostoru za euklidovskou, můžeme vyjádřit zákon o konstantní rychlosti světla vzorcem

$$\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2} = c(t - t_0),$$

kde  $x_0, y_0, z_0$  jsou souřadnice zdroje a  $t_0$  okamžik vyslání signálu. Již matematicky plyne odtud, že požadavek, aby tento výraz byl invariantní vzhledem k transformacím souřadnic a času, vede na Lorentzovy transformace.<sup>18)</sup>

Zákon konstantní rychlosti světla a předpoklad o euklidovosti prostoru vedou tedy nutně k Lorentzovým transformacím, a dále pak k celé kinematice teorie relativity: k relativistické současnosti, k Lorentzově zkrácení, k relativistickému skládání sil atd.

Tento závěr vychází ze speciálních souřadnicových soustav (inerciálních soustav, „lorentzovských“ soustav), a v tomto smyslu zůstává zatím na půdě obvyklého pojetí teorie relativity. Přijali jsme tuto platformu jen proto, abychom podepřeli výše provedené názorné úvahy.

Pozadí záření — „výměna signálů“ mezi tělesy určuje jejich vzájemnou koordinaci v prostoru a v čase. Radiolokace je tak experimentální metodou pro určování vzdáleností, založenou na tomto podkladě. Na význam této okolnosti pro pojetí teorie relativity poukázal V. A. Fok. Také známé Einsteinovo určení současnosti prostorově oddělených událostí je založeno na vyslání, odražení a opětném přijetí elektromagnetických signálů. Všechny tyto děje probíhají stále přirozenou cestou, neboť i nejmenší perturbace v daném tělese vyvolává elektromagnetický rozruch, třebaš velmi nepatrný, který se rozptýluje na jiných tělesech a vrací, byť i ve velmi nepatrné míře. Jinými slovy, děje, odpovídající radiolokaci a srovnávání časů podle Einsteina, probíhají přirozenou cestou nepřetržitě. Vytvářejí vzájemnou koordinaci těles a jevů, k nimž v tělesech dochází, v prostoru a v čase, a to bez jakýchkoli pozorovatelů. Je proto koordinace těles a dějů vzhledem k danému tělesu objektivní fakt a tedy,

<sup>17)</sup> Důkaz M. A. Leontoviče viz v Sebr. spisech L. I. Mandělštama, sv. V. Zákon má mimořádně velký význam.

<sup>18)</sup> Viz např. článek A. D. Alexandrova a V. V. Ovčinnikové v časopise *Vestník Lenin-gradského universiteta*, č. 11, 1953. Přesněji řečeno, je třeba ještě připustit úměrné změny měřítek pro všechny souřadnice, tj. k Lorentzovým transformacím je třeba ještě připojit transformace podobnosti. Rovnice teorie relativity zůstávají při takových transformacích zřejmě invariantní.

vztažná soustava s tímto tělesem spjatá, je zcela reálná. Realisuje se materiálně nepřetržitou výměnou signálů a polem záření. Z toho je jasně vidět, že pojetí vztažné soustavy jako něčeho fiktivního, jako něčeho, co slouží jen k popisování, je zcela chybné. V protikladu k Eddingtonovu tvrzení (viz výše, část II) odpovídají inerciální vztažné soustavy reálné struktuře světa, speciálně pak struktuře pole záření.

Pole záření realisuje tedy hmotnou souvislost těles a jevů. Tato souvislost určuje prostorovou a časovou koordinaci těles a jevů a struktura pozadí záření určuje obecnou strukturu prostorčasových vztahů. Stačí pak abstrahovat od jejich materiálního obsahu, abychom dostali představu prostor času v jeho čisté abstraktní formě.

Nelze ovšem zveličovat universálnost tohoto názorného obrazu. Tento obraz je však užitečný nejen pro svou názornost, ale také proto, že umožňuje jednoduchou a správnou orientaci v řadě otázek, v jejichž výkladu dochází k omylům, a ještě více proto, že zahrnuje to hlavní: jasné pochopení, že prostorčasové vztahy a vlastnosti prostor času jsou beze zbytku určovány materiálními interakcemi. Stručněji: máme tu názorný, soudobý fyzice odpovídající obraz, který realisuje obecnou poučku, že prostor čas je formou existence hmoty.

### 3. Jednota kausální (příčinnno-sledstvennoj) a prostorčasové struktury světa

Přejdeme nyní k abstraktnějšímu a obecnějšímu rozboru problému.

Teorie relativity zahrnuje obecný zákon konečné rychlosti šíření jakýchkoli působení, záření nebo jakýchkoli jiných. Z toho odvodíme některé závěry. K týmž závěrům dojdeme ze zákona konstatní rychlosti světla.

Událostí budeme rozumět, jak je to obvyklé, „bodový“ jev, asi jako „záblesk“ bodového světelného zdroje, tj. jev, jehož prostorové rozměry a časové trvání lze zanedbat. Všechny jevy lze pokládat za složené z událostí, a z tohoto hlediska se svět jeví v celém svém prostorovém rozsahu a v celém časovém trvání jako množina událostí. Každá událost působí nějak na jiné události. Fyzikální povaha tohoto působení může být velmi rozmanitá: šíření světla, šíření zvuku, emise elementární částice ap. Působení je obecně pohyb, spojující jednu událost s jinou událostí. Sám pohyb malého tělesa lze pokládat za řadu událostí, z nichž předcházející působí na následující.

Působení nemusí být nutně přímé; může se dít přes řadu prostředníků. Je možno říci, že působení — interakce — je přenos jisté energie. Od konkrétního charakteru působení, energetického nebo jiného, budeme však abstrahovat a spokojíme se prostě se skutečností, s existencí interakce událostí.

Události, které jsou, nebo obecněji mohou být podrobeny působení dané události  $A$ , tvoří jistou „oblast působení události  $A$ “.

Zde je užitečné použít geometrických představ. Události můžeme zobrazit jako body čtyřrozměrného prostoru, v němž jsou zavedeny čtyři pravouhlé souřadnicové osy  $x, y, z, t$ . Souřadnice  $x, y, z$  odpovídají prostorovému umístění události,  $t$  času.

V této geometrické interpretaci je oblast působení události  $A$  dána rotačním kuželem (kuželovým podprostorem) s vrcholem v bodě  $A$ , osou rovnoběžnou se souřadnicovou osou  $t$ , a vrcholovým úhlem (úhlem, sevřeným osou kužele s vytvářející přímkou jeho povrchu), jehož tangenta je limitní rychlost působení.



Povrchová plocha tohoto kužele představuje množinu událostí, dostupných působení, jež se šíří ze zdroje (z události  $A$ ) limitní rychlostí  $c$ .<sup>19)</sup>

Je-li  $c$  rychlost světla, jde o události, dosažitelné světlem, které postupuje přímo od události  $A$  bez jakéhokoli rozptylu. Proto se příslušná kuželová plocha nazývá „světelným kuželem“. Obecněji můžeme mluvit o kuželi působení události  $A$ . Není přitom nezbytné držet se geometrické představy kužele. Jde o množinu událostí, podřízených působení události  $A$ . V popsané geometrické interpretaci zobrazujeme tuto množinu kuželem.

Každé působení tvoří v množině událostí jistou strukturu vztahů, která není ničím jiným než soustavou interakcí, vzata v celku. Je-li limitní rychlost rychlost světla, je tato struktura určena světelnými kuželi, takže uvažovaná soustava vztahů neboli struktura souhlasí se strukturou, o níž byla v názornější formě řeč výše. V obecném pojetí otázky nemá speciální charakter působení žádnou úlohu. Ukazuje se, že soustava vztahů, určená interakcemi, plně určuje geometrii neboli strukturu prostoročasu.

To lze matematicky přesně dokázat.<sup>20)</sup> Za některých dalších předpokladů jde o věc dávno známou.

Stručně řečeno, matematický výsledek říká, že transformace, zachovávající strukturu interakcí, jsou právě Lorentzovy transformace. A poněvadž právě požadavek invariantnosti vzhledem k těmto transformacím určuje geometrii prostoročasu, je geometrie prostoročasu určena zmíněnou strukturou interakcí.

Obecné zákony prostoročasové struktury světa nejsou ničím jiným, než projevem jeho obecné struktury, určené interakcemi mezi událostmi.

Poněvadž působení je nejjednodušší formou příčinné souvislosti, lze tento závěr vyslovit — poněkud méně přesně — takto: obecná prostoročasová struktura světa je projevem jeho obecné kausální (*příčinnno-sledstvennoj*) struktury.

Nahrazujeme-li pojem působení pojmem příčiny, dopouštíme se nepřesnosti. Pojem příčiny je totiž složitější, a z toho, že jeden jev působí na jiný, neplyne ještě, že je jeho příčinou. U složitých jevů pak, např. u jevů společenských nebo psychických, nemá takřka nikdy smysl převádět je na elementární působení. Je proto nepochybně přesnější mluvit o působeních, dokonce jen o elementárních působeních jedné události na jiné.

Svět lze pokládat, jak jsme již řekli, za množinu událostí. V této množině existuje soustava interakcí, která určuje její prostoročasovou strukturu. Při určování formy je však nevyhnutelné abstrahovat od obsahu, a z materiální události pak zůstává jen pojem bodového prvku množiny. V souhlase s tím lze takto definovat prostoročas:

Prostoročas je množina všech událostí ve světě, zbavená všech vlastností kromě těch, které plynou ze soustavy interakcí mezi událostmi.

Přitom se ovšem ani u působení, ani u událostí nepřihlíží k jejich materiálnímu obsahu. Správněji řečeno, jde o soustavu vztahů jako o formu, a nikoli o působení sama.

<sup>19)</sup> Předpokládáme zde — v souhlase s teorií relativity — že limitní rychlost je teoreticky dosažitelná. To ovšem při abstraktním vypracovávání teorie není nutné. Je možno předpokládat také, že tato limitní rychlost je nedosažitelná. Pak bude uvažovaný kužel (kuželový podprostor) „otevřený“, tj. nebude k němu patřit hraniční kuželová plocha. Při abstraktním budování teorie není ani nutno předpokládat, že limitní rychlost  $c$  je rychlost světla.

<sup>20)</sup> Důkaz se najde např. v článku, citovaném v pozn. <sup>18)</sup>.

Uvedená definice není ničím jiným, než přesným a konkrétním výrazem — odpovídajícím dnešní fyzice — toho, že prostoročas je formou existence hmoty.

V rámci klasické fyziky není taková definice možná. V klasické fyzice se předpokládá, že působení se může dít jakkoli rychle. Přitom oblastí možného působení dané události jsou všechny události, které danou událost následují v čase, takže interakce neurčují nic jiného kromě následnosti v čase. Tomu také odpovídá absolutní následnost v čase. Kvantitativně je pak nutno čas a také geometrii prostoru definovat něčím jiným. Kromě toho neznáme žádnou definici času a prostoru, která by odpovídala představám klasické fyziky a která by byla tak přesná a stručná, jako výše uvedená definice prostoročasu. Již to, že lze podat takovou definici prostoročasu, je velkou předností teorie relativity, a tato skutečnost ukazuje, jak hluboko pronikla teorie relativity do podstaty universální formy existence hmoty. Je pozoruhodné, že soustava interakcí tím, že určuje prostoročas, určuje zároveň nejen následnost v čase, nebo lépe následnost v různých relativních časech, ale i geometrii prostoru a dokonce geometrii všech relativních prostorů. Je třeba zdůraznit fakt, že se definuje prostoročas, tj. absolutní varieta, a nikoli prostor a čas odděleně. Prostor a čas jsou jen relativní aspekty prostoročasu.

V dialektickém materialismu se vyslovuje poučka, že prostor a čas jsou formy existence hmoty. Když se tato poučka formulovala, nebylo ještě ani slechu o teorii relativity s jejím objevem jednoty prostoru a času. Dnes, kdy je bezpečně prokázáno, že prostor a čas samy o sobě jsou jen relativními aspekty jediného prostoročasu, je správnější mluvit o prostoročasu jako o jediné universální formě existence hmoty. Prostor a čas ovšem neztratily svůj význam jako formy existence hmoty, jsou však v každém případě jen stránkami jedné formy, kterou je především třeba stále vidět.

#### 4. Vypracování teorie

Naznačíme nyní v hrubých rysech, jak se dá vypracovat teorie prostoročasu na podkladě pouček z odstavce 1 a na podkladě právě podané definice prostoročasu.

Vyjdeme z pojmu události a z pojmu působení, jak jsme je výše vymezili. Svět je množina událostí, a tyto události vzájemně souvisí tím, že vzájemně interagují.

Abstrahujeme-li od fyzikálního obsahu, přejde událost ve světový bod a interakce ve vztah následnosti. Pod tímto pojmem se rozumí antisymetrický transitivní vztah.<sup>21)</sup>

Mohli bychom konečně ponechat termín „působení“. Termín „následuje“ resp. „předchází“ je však lepší v prostoročasových vztazích. Termín „působení“ je vhodné rezervovat pro případy, kdy se zdůrazňuje fyzikální, materiální stránka věci, kdy nejde jen o prostoročasovou formu. Kromě toho událost *A*, která působí na událost *B*, této události předchází časově absolutně, tj. vzhledem ke všem vztahným soustavám, je proto tím spíše na místě mluvit zde o předcházení (následování), dokonce o absolutním předcházení (následování).

<sup>21)</sup> Tak se definuje následnost v matematice, kde se obecně neuvažuje následnost v čase. Např. v posloupnosti přirozených čísel 1, 2, 3, ... předchází číslo 1 číslu 2 (číslo 2 je následník čísla 1, číslo 1 je předchůdce čísla 2). Poznamenejme, že na podkladě pojmu působení — následnost vypracoval teorii prostoročasu irský fyzik A. Robb (A. Robb, *The Absolute Relations of Time and Space*). Náš postup bude podstatně odlišný od Robbovy metody.

Budeme proto říkat „bod  $A$  předchází bod  $B$ “ nebo „bod  $B$  následuje za bodem  $A$ “, místo „událost  $A$  působí na událost  $B$ “.

První základní poučka teorie definuje prostoročas. Vyslovíme tuto definici v této poněkud pozměněné formě:

(1) Prostoročas je množina (varieta) všech událostí, uvažovaná jen z hlediska své struktury, která je určena soustavou následnosti (předcházení), bez zřetele ke všem ostatním vlastnostem.

Jako druhou základní poučku vezmeme tvrzení:

(2) Prostoročas je čtyřrozměrná varieta.

Podle poučky (1) jsou struktura prostoročasu a i jeho vlastnosti spojitosti — jeho topologie, jak říkají matematikové — určeny vztahy následnosti událostí, jinými slovy, okolí v množině událostí musí být definováno těmito vztahy a to tak, aby tato množina byla čtyřrozměrnou varietou. Podle toho je možno poučku (2) chápat takto:

Ke každé události  $A$  existují takové následující události  $X$  a takové předcházející události  $Y$ , že definuje-li se okolí události  $A$  jako množina událostí, předcházejících každému  $X$  a zároveň následující za každým  $Y$ , je množina všech událostí čtyřrozměrnou varietou.

V čtyřrozměrném pojetí relativity jsou tedy události  $X$  a  $Y$  takové, že událost  $A$  leží zároveň v kuželi událostí předcházejících  $X$  a v kuželi událostí následujících po  $Y$ .

V možnosti určit takto topologii prostoročasu je již zahrnuta skutečnost, že rychlost všech možných působení je omezená. Kdyby tato rychlost byla neomezená, bylo by výše definované okolí události  $A$  nekonečnou vrstvou a množina událostí s takovou topologií by nebyla varietou. To ukazuje na hlubokou souvislost základního závěru teorie relativity o omezenosti rychlostí s tím, že prostoročas je čtyřrozměrná varieta.

Pojem rychlosti je spjat s pojmem vztažné soustavy; princip konečných rychlostí lze však nahradit jednoduchou poučkou, v níž pojem rychlosti a pojem vztažné soustavy nevystupují. Princip konečných rychlostí lze totiž převést na to, že existují takové oblasti událostí, že události z různých oblastí vzájemně neinteragují, že tedy nejsou spjaty následností. Nevyslovujeme toto tvrzení jako základní poučku, neboť je lze odvodit.

Za třetí základní poučku je možno vzít tvrzení, jež v jistém smyslu vyjadřuje princip relativnosti. S jistou neurčitostí je můžeme formulovat takto:

(3) Prostoročas je maximálně homogenní, tj. grupa transformací, zachovávajících následnost, je ze všech možných grup maximální.

Přesněji:

Libovolné dvě události  $A$  a  $B$  vyhovují jednomu z těchto pěti vztahů:

- (a)  $A$  je uvnitř oblasti událostí, následujících po  $B$ ;
- (b)  $A$  je na hranici této oblasti;
- (c)  $B$  je uvnitř oblasti událostí, následujících po  $A$ ;
- (d)  $B$  je na hranici této oblasti;
- (e) nastává některá z ostatních možností.

Tvrzení pak říká toto:

Budtež  $A$ ,  $B$  a  $A'$ ,  $B'$  libovolné dvě dvojice událostí, jež jsou v téměř vztahu. Pak existuje vzájemně jednoznačné zobrazení

množiny událostí na sebe samu, které zachovává následnost a převádí dvojici  $A, B$  ve dvojici  $A', B'$ .

Souvislost tohoto tvrzení s principem relativnosti je dostatečně zřejmá, neboť princip relativnosti mluví o možnosti reprodukovat libovolný jev stejně v každé vztažené soustavě, což právě znamená, že prostoročas je homogenní. Ve smyslu našich úvah to můžeme vyjádřit takto: každý jev lze reprodukovat tak, že libovolné dvě události  $A, B$  budou odpovídat jiným dvěma událostem  $A', B'$ , jež jsou v témž vztahu. Máme na mysli pět vztahů výše uvedených.

Nemůžeme ještě dokázat, že výše formulované poučky určují prostoročas speciální teorie relativity. K tomu je ještě nutné, např. připojit takovou poučku matematické povahy:

(4) Varieta, představující prostoročas, i transformace v poučce (3) jsou diverencovatelné.

Pro fysika, který je zvyklý neznepokojoval se příliš takovými věcmi, jako je diferencovatelnost nebo nediferencovatelnost funkce, bude poučka (4) sotva zajímavá. Tato poučka má význam spíše pro matematika, který se snaží o maximální korektnost svých závěrů.<sup>22)</sup>

Lze dokázat, že výše formulovaná tvrzení (1) až (4) definují prostoročas speciální teorie relativity, tj. lze ukázat, že transformace, zachovávající následnost, jsou Lorentzovy transformace (spolu s transformacemi podobnosti), a že lze zavést souřadnicové soustavy, v nichž tyto transformace jsou lineární. Takovou soustavu souřadnic lze zavést rozmanitě, při přechodu od jedné k jiné zůstávají transformace Lorentzovými. Jde právě o souřadnice  $x, y, z, t$ , které se v obvyklých výkladech teorie relativity zavádějí hned zpočátku. V smyslu našich úvah se zavádějí dosti formálně, lze však ukázat jejich hlubší smysl bez pojmu inerciální soustavy, jen na podkladě základního pojmu následnosti, tj. interakce událostí.

Definujeme např. současnost, což je ekvivalentní s definicí množiny současných událostí. V uvedených souřadnicích je to plocha  $t = \text{konst}$ .

Takovou množinu — označme ji  $M$  — můžeme definovat např. těmito dvěma požadavky:

- a) Množina  $M$  rozděluje množinu všech událostí na dvě části, odpovídající minulému a budoucímu;
- b) množina  $M$  je homogenní.

Druhý požadavek znamená, že ať jsou  $A, B$  a  $A', B'$  dvě libovolné dvojice událostí z množiny  $M$ , musí existovat vzájemně jednoznačné zobrazení množiny všech událostí na sebe, které zachovává následnost, převádí množinu  $M$  samu v sebe a zároveň dvojici  $A, B$  ve dvojici  $A', B'$ . Tyto požadavky skutečně definují, jak lze dokázat, kteroukoli z „rovin“  $t = \text{konst}$ .

Požadavek homogenosti lze zdůvodnit tím, že současnost musí být definována nějakým zákonem, který lze stejně aplikovat na libovolné dvojice událostí. A to právě vyjadřuje existence uvedené transformace libovolných dvojic událostí z množiny  $M$ .

Lze tedy říci, že jakákoli definice současnosti, opírající se o jakýkoli obecný zákon, musí být ekvivalentní klasické Einsteinově definici. To ukazuje hloubku tohoto Einsteinova pojmu.

<sup>22)</sup> Tak např. závěry z Maxwellova rozložení rychlostí, nebo z faktu, že entropie je úměrná logaritmu pravděpodobnosti, používají předpokladu, že uvažované funkce jsou diferencovatelné, bez zvláštních úmluv. Bez takového předpokladu jde totiž o dosti obtížnou matematickou úlohu.

Dále nutno zdůraznit, že poněvadž soustava interakcí určuje strukturu prostoročasu v celku, a strukturu souboru relativně současných událostí, tj. strukturu „prostoru“, určuje také geometrii prostoru. Tato geometrie je ovšem, v soulase s uvedenými poučkami, euklidovská. Snadno lze pochopit, proč je tomu tak. Rozložení maximálně rychlých interakcí, n.ajících zdroj v libovolném bodě, definuje v prostoru soustavu koulí (např. kulová čela světelných vln), a to již definuje, jak známo, euklidovskou geometrii prostoru.

Obecná soustava interakcí událostí určuje tak i relativní časy  $t$ , i všechny možné pravouhlé souřadnice  $x, y, z$ . Tyto prostoročasové souřadnice nejsou tedy nijak podmíněné nebo fiktivní, nýbrž jsou dány strukturou světa, materiálními interakcemi událostí v něm. Nesprávnost tvrzení, že jde o konvenční, definice a fiktivní souřadnice, je odtud zřejmá. To jediné, co může být věcí konvence, je volba té které soustavy souřadnic ze všech možných.

Jakmile jsou odvozeny Lorentzovy transformace a určeny souřadnicové soustavy, vypracuje se relativistická kinematika se svými závěry o relativnosti časových intervalů a délek, o relativistickém skládání sil atd., již obvyklou cestou. Nyní však teprve vystupuje jasně skutečný charakter relativistických efektů.

Poněvadž výchozím bodem je absolutní struktura prostoročasu, musíme např. každé těleso brát především z hlediska jeho prostoročasové rozlišitelnosti. V tomto smyslu má těleso jemu vlastní nerelativní charakteristiky. Jeho jen prostorové rozměry jsou přirozeně relativní, vyjadřují vztah tělesa k té které množině  $M$  současných událostí. A poněvadž všechny tyto množiny jsou určeny soustavou interakcí, jsou tím nakonec určeny i relativistické efekty. Hledat nějaké jejich speciální „příčiny“, jak navrhuji někteří autoři, je naprosto neodůvodněné. Se stejnou nadějí na úspěch by bylo možno hledat příčiny, proč je kolmice, vedená z bodu k přímce, kratší, než kterákoli jiná spojnice bodu s bodem na přímce. „Příčiny“ jsou v obecných zákonech geometrie, které samy zase mají „příčinu“ v obecné struktuře světa určené interakcemi mezi událostmi.

Souhrnně lze tedy říci toto:

Prostoročas je množina všech událostí ve světě, vzatých bez zřetele k jejím vlastnostem, kromě těch vlastností, které jsou určeny strukturou systému interakcí mezi událostmi. Prostoročas je čtyřrozměrná varieta, maximálně homogenní, pokud to dovoluje uvedená soustava interakcí. Vybrané — inerciální, nebo jak bychom zde mohli říci, lorentzovské — soustavy souřadnic jsou dány jako vybrané touto strukturou samou.

Řečeno filosofickým jazykem, sama hmota svými interakcemi, pohybem svých elementů určuje svou formu existence — absolutní prostoročas. V tomto absolutním útvaru táž soustava interakcí vytváří množiny relativně současných událostí, relativní prostory a časy. Nikoli relativnost, a tím méně podmíněné definice, nikoli zvláštní „působící příčiny“, nýbrž absolutní struktura světa tvoří skutečný základ a obsah teorie.

Po vypracování základů teorie prostoročasu, tj. kinematiky teorie relativity, nutno přejít k vlastní fyzice, především k mechanice a k elektrodynamice. Přitom je ovšem nutno položit jako jeden ze základních požadavků požadavek lorentzovské invariantnosti zákonů těchto nauk. Že je tento požadavek nutný, je z daného vypracování teorie zřejmé.

Vlastnosti prostoročasu se totiž odvozují z vlastností soustavy interakcí, jež lze realizovat elektromagnetickými vlnami, mechanickým pohybem i jinak. Jsou proto obecné zákony těchto dějů již v soulase s vlastnostmi prostoročasu, jako obsahu s formou. Když se pak od obecné struktury interakcí přejde logickou cestou ke konkrétním interakcím, je nezbytným vysouhlasit jedno s druhým. Obecná vlastnost prostoročasu — homogenost — splní při matematické formulaci pomocí vybraných souřadnic  $x, y, z, t$  požadavek lorentzovské invariantnosti.

Formulace zákonů mechaniky a elektrodynamiky vede k tomu, že poněkud abstraktně definované soustavy souřadnic  $x, y, z, t$  jsou právě těmi souřadnicovými soustavami, v nichž tyto zákony mají obvyklý tvar. Jinými slovy, ukazuje se, že jde o inerciální soustavy. Konkrétní fixování takových soustav měřicími operacemi ap. se provádí tedy nikoli v důsledku podmíněných konvencí, nýbrž v soulase s přírodními zákony. Používá se přitom mechanických i elektromagnetických prostředků, pevných n.ěřítek, šíření světla aj.

Dosud šlo o prostoročas v mezích představ, odpovídajících speciální teorii relativity. Obecná teorie relativity, přesněji teorie gravitace, se od speciální teorie relativity liší především tím, že neklade požadavek homogenosti prostoročasu. Obecná definice prostoročasu i poučka, že prostoročas je čtyřrozměrná varieta, zůstávají v platnosti, na místo homogenosti v celku se klade pouze požadavek homogenosti prostoročasu v „nekonečně malých částech“. To je analogické tomu, že Riemannův prostor je euklidovský jen v diferenciálním měřítku. Formálně se tento požadavek vyjadřuje zavedením obecné metrické formy  $g_{\lambda\mu} dx^\lambda dx^\mu$ .

Teorie gravitace se tedy liší od speciální teorie relativity nikoli obecností aplikovaných souřadnicových soustav, nýbrž větší obecností předpokladů o struktuře prostoročasu. Není to vůbec obecná teorie relativity. Z našeho způsobu vypracování teorie je to zřejmé. Mezi základními postuláty, které jsme položili, byl také požadavek maximální homogenosti prostoročasu, který vyjadřoval princip relativnosti. Je proto zcela jasné, že žádná větší homogenosti prostoročasu, tedy ani obecnější relativnosti nemůže být.

#### IV. Závěr

Teorie relativity, speciální nebo obecná, je v podstatě teorií prostoročasu, nauka o prostoročasu jako o formě existence hmoty, nauka, odpovídající dnešnímu stavu našich fyzikálních poznatků. Jádro teorie je v tom, že prostoročas je určen obecnými zákony interakcí mezi jevy.

Filosofické výsledky teorie relativity lze shrnout takto:

(I) Teorie relativity potvrzuje, konkretisuje a rozvíjí dialektické materialistické poučky o prostoru a času jako o formách existence hmoty:

a) Prostor a čas se sjednocují v jednu formu existence hmoty — v prostoročas;

b) struktura prostoročasu je určena interakcemi, pohybem elementů hmoty, takže se vytváří jednota kausální (*příčinnno-sledstvennoj*) a prostoročasové struktury světa. Prostoročasová struktura sama je určena soustavou materiálních interakcí mezi událostmi;

c) určuje se (v teorii gravitace) konkrétní závislost struktury prostoročasu na rozložení a pohybu hmoty.

(II) Teorie relativity potvrzuje a prohlubuje představu o nedělitelnosti hmoty a pohybu:

a) hmota (tíhová, setrvačná, *massa* — pozn. překl.) — „míra setrvačnosti“ je zároveň mírou energie, tj. mírou stávajícího nebo možného pohybu;

b) pohybové zákony těles v gravitačním poli jsou určeny samým tímto polem, které zase je určeno rozložením a pohybem těles.

(III) Teorie relativity potvrzuje a rozvíjí obecnou poučku o vzájemné souvislosti různých stránek jevů a poučku o dialektické jednotě absolutního a relativního. Teorie relativity stanovila takovou vnitřní souvislost a jednotu řady stránek materiální skutečnosti, že v důsledku toho jen jejich jednota má absolutní (nerelativní) význam, zatím co každá z nich jednotlivě je relativní:

a) Jednotu prostoročasových vlastností, v níž prostorové a časové charakteristiky jevů samy o sobě jsou jen relativními stránkami;

b) jednotu impulsu a energie (vektor impulsu — energie);

c) jednotu elektrického a magnetického pole atd.

(IV) Určením souvislostí prostoru a času, struktury prostoročasu a hmoty, struktury prostoročasu a přičinnosti, hmoty (*massy*) a energie atd. potvrzuje teorie relativity a rozvíjí dále učení dialektického materialismu o vzájemné souvislosti a vzájemné podmíněnosti všech stránek skutečnosti v materiální jednotě světa.

(V) Vytyčením a řešením konkrétních problémů dialektiky: problému obsahu a formy, konkrétního a abstraktního, absolutního a relativního, vlastnosti a vztahu atd. poskytla teorie relativity bohatý materiál pro rozvíjení dialektiky obecně a jejích kategorií zvláště.

Teorie relativity je potřebná pro další rozvoj, jak o tom svědčí obtíže v relativistické elektrodynamice a v teorii dějů s velkými energiemi. Má proto hlubší chápání a všestranný rozbor základů teorie relativity nejen filosofický význam, ale bude mít nepochybně také svoji úlohu v dalším rozvíjení teorie samé. V tomto smyslu je výše podané pojetí teorie relativity obzvláště důležité, neboť ukazuje závislost pojmu prostoročasu na interakcích mezi jevy. Toto pojetí zároveň dokazuje, že v kvantové oblasti bude pravděpodobně třeba revise nejen v představě o geometrii prostoročasu, ale v pojmu prostoročasu samém. Půjde pravděpodobně nikoli o diskretnost, kvantování prostoru a času, ale spíše o jakési rozplývání jejich tuhé struktury, v němž pojem světelného kužele a i sá.n pojem bodové události budou podrobeny změnám.

Ať však bude další vývoj teorie prostoročasu jakýkoli, zůstane teorie relativity velkým výdobytkem vědy, a to nejen pro své konkrétní výsledky, ale také proto, že je to teorie prostoročasu jako formy existence hmoty, proto, že nikoli „relativnost“, nýbrž struktura prostoročasu, určená hmotou, ne relativní, což je jen aspekt absolutního, nýbrž právě absolutní představuje skutečnou podstatu teorie.

*Přeložil dr. Josef Veselka*