

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

A. Einstein

O pojmu prostoru

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 3 (1958), No. 2, 200--203

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137413>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

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

O POJMU PROSTORU*)

/A. EINSTEIN

Poznámka redakce časopisu „Voprosy filosofii“

Einsteinova předmluva ke knize M. Jammer, *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics* byla napsána v roce 1953. V této stati vyložil Einstein zhuštěně své filosofické i přírodovědecké názory na prostor a čas, jak postupně vykrystalisovaly během dlouhých let, která této otázce věnoval.

Einstein především zdůrazňuje, že pojem prostoru není ve fyzice chápán jednoznačně. To se projevuje v celých dějinách fyziky, počínaje Galileim a Newtonem až do dnešní doby, i když zastánci různých názorů vycházeli a vycházejí z týchž skutečností a vědou ověřených zákonů. Základní rozdíl se týká vztahu mezi prostorem a hmotou. Jedno pojetí (a), pocházející od Aristotela a prohloubené Leibnizem a Huygensem, pokládá prostor za obecnou vlastnost hmotného světa, za „řád existence“ věcí. Podle druhého názoru (b), zformulovaného již starověkými atomisty a rozvinutého Newtonem, je prostor „místem všech hmotných věcí“, to jest pokládá se za realitu, existující nezávisle na hmotě a vedle ní. Stoupenci názoru (a) popírají existenci prázdnoty, existenci „prázdného prostoru“; podle koncepcce (b) je existence „vakua“ podmínkou existence a pohybu těles.

Einstein správně vykládá, proč vzniklo toto dvojí chápání prostoru. Vídí příčinu v různém názoru na strukturu hmoty. Je nutno s Einsteinem souhlasit v tom, že atomistická teorie, podle níž atomy existují jednotlivě (lze je vzájemně odlišit), vychází z pojetí (b), zatím co resignace na „ryzí atomismus“ starověku může nakonec vyústit v koncepci typu (a). Einstein vykládá vítězství newtonovské koncepcce prostoru v 17. a 18. století tím, že umožňovala pro tehdejší dobu jediný výklad zákona setrvačnosti a pochopení celé klasické mechaniky.

Překonání newtonovské chápání prostoru bylo podle Einsteina možné až po objevu pole. Kvalitativní změna názorů fyziků na hmotu, k níž došlo v druhé polovině 19. století, dále nahrazení pojmu tuhého tělesa, ostře ohraničeného hmotného předmětu fundamentálním pojmem pole nutně vedlo k vzkříšení a dalšímu rozvíjení pojetí prostoru (b). Jedním z hlavních výsledků moderní fyziky je přesvědčení, že neexistuje prázdny prostor, že není prostoru bez pole. Lze říci, že prostor je dán polem, že prostor je polem podmíněn. Einstein

*) O ponjatií prostranstva, Voprosy filosofii, č. 3, 1957. Předmluva A. Einsteina ke knize M. Jammer, *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, 1953.

říká, že „to, co tvoří prostorovou stránku reality, je v tomto případě jednoduše čtyřrozměrnost pole“.

Einsteinovy názory na prostor, na vývoj, kterým ve fyzice prošlo učení o prostoru v souvislosti s vývojem názorů na hmotu, budí zasloužený zájem.

Je ovšem pravda, že i v této předmluvě se Einstein drží některých svých názorů subjektivní povahy. Tvrdí na příklad, že vznik pojmů je ovlivněn instinktivní snahou o „ekonomii“, a že samy pojmy jsou „volné výtvořiny rozumu“. Z Einsteinovy předmluvy je však zřejmo, že pojem prostoru ve vědě se historicky vyvíjel „přizpůsobováním idejí“ empirickým faktům a že tento proces je ovlivňován nikoli machistickým principem „ekonomie myšlení“, nýbrž principem nejlepší shody našich představ se známými vlastnostmi hmoty. Einstein totiž sám dokazuje, že newtonovské pojetí prostoru nutně vzniklo na podkladě klasického atomismu a jeho vítězství v 17. a 18. století bylo podmíněno tím, že vyšší měrou než druhé pojetí vyhovovalo zákonům klasické mechaniky. Toto druhé pojetí pak zase převládlo potom, kdy byla objevena a experimentálně potvrzena existence pole. Princip „ekonomie myšlení“ nemůže ovšem takový vývoj idejí vyložit.

Tyto chybné názory Einsteinovy nijak ale nezeslabují význam této předmluvy.

* * *

K plnému pochopení významu Jammerovy práce je nutno uvážit tyto okolnosti.

Vědec se zabývá zjevy, které lze pozorovat, jejich vnímáním a jak se popisují pomocí pojmů. Aby mohl pomocí pojmů popsat nepřehledné množství empirických faktů, užívá celého arsenálu pojmů, s kterými se seznamoval již od kolébky a jen zřídka je si vědom jejich problematičnosti. Každý vědec užívá těchto pojmů, či přesněji, těchto vyjadřovacích pomůcek, jako něco samozřejmého, stálého, něco, co je objektivní jistotou a co jen velmi nepravděpodobně vzbudí pochyby. Je ovšem otázka, zda vůbec může jednat jinak. Bylo by možno vystoupit na horu, jestliže by používání rukou, nohou a dopravních prostředků mělo být stále ověřováno pomocí zákonů teoretické mechaniky? A přesto je v zájmu vědy, aby se tyto základní pojmy podrobovaly neustálé kritice, nechceme-li jich užívat jen podvědomě. V některých případech je to zvláště naléhavé, hlavně při zrodu nových idejí, kdy setrvačné užívání tradičních primárních pojmů vede k nesnadno řešitelným paradoxům.

Vedle pochybností, zda je oprávněno užívat tyto pojmy (tehdy, kdy tyto pochybnosti souvisí s vědeckými problémy), je tu i ryze historický zájem o jejich původ. Práce s takovou tematikou (i když se týkají jen historie myšlení) v podstatě znamenají pokus o logický a psychologický rozbor primárních pojmů. Lidské schopnosti jsou však omezené a jen zřídka se sejdeme s někým, kdo by byl natolik vzdělán ve filosofii a historii, aby mohl kriticky interpretovat a srovnávat materiál během věků nahromaděný, a kdo by současně uznával význam kritiky těchto pojmů pro vědu jako takovou.

Podle mého mínění Dr Jammer svou prací dokázal, že u něho jsou tyto předpoklady ve velké míře splněny.

V podstatě se Jammer omezil na historické studium pojmu prostoru a myslím, že tento postup je rozumný. Užívají-li dva autoři slov „červený“ „tvrdý“ nebo „zklamaný“, potom není pochyb, že oba myslí přibližně totéž, neboť tato slova jsou na podkladě elementárních zkušeností každému tak srozumitelná, že by jen nesnadno se dala nesprávně interpretovat.

Používají-li však takových slov jako „místo“, „prostor“, jejichž souvislost s psychologicky danou zkušeností není již tak bezprostřední, dochází někdy k osudné neurčitosti interpretace. Historik se pokouší takovou neurčitost odstranit porovnáváním textů a přihlíží k obrazu celého prostředí, jak si jej vytvořil studiem literatury a vůbec veškeré kultury dané doby. Avšak vědec, zabývající se současnou vědou, nemá vzdělání historika a ani nechce své názory o vzniku primárních pojmů budovat tímto způsobem. Spíše předpokládá, že jeho názory na tvoření těchto pojmů vznikají intuitivně na základě elementárních znalostí výsledků vědy v různých historických obdobích. Bude však vděčen historikovi, dokáže-li tento opravit takový ryze intuitivní názor.

Pojmu prostor zřejmě předchází psychologicky jednodušší pojem „polohy“, „místa“. Místo je především (malá) část zemského povrchu, různě pojmenovaná. Předmět, jehož místo se udává, je „materiální předmět“, to jest těleso. Jednoduchý rozbor ale ukazuje, že „místo“ je rovněž jistou soustavou hmotných těles.

Vzniká otázka, má-li pojem „místo“ význam nezávislý na hmotném předmětu, a lze-li mu takový význam přiřadit. Odpoví-li se na tuto otázku záporně, vnucuje se domněnka, že prostor (čili místo) je jedna stránka existence hmotných objektů a nic víc. Při takovém chápání prostoru nemá ovšem smysl mluvit o prázdném prostoru. Ježto potom tvoření pojmů je ovlivňováno vždy instinktivní touhou po ekonomii, je přirozené, že se existence prázdného prostoru popírá.

Lze ale dospět i k jiným závěrům. Do daného hrnce lze nasypat určitý počet rýžových zrněk nebo višní. Vzniká proto otázka, jaká je to vlastnost hmotného objektu, hrnce, které musíme přiznat též stupeň reality, jako samému hrnci. Tuto vlastnost lze označit jako „prostor“ hrnce. Existují však i jiné hrnce, které v tomto smyslu mají „prostory“ různé velikosti. Pojem prostoru nabývá tak smysl, který nesouvisí s jednotlivými hmotnými předměty. A tak lze přirozeným způsobem rozšířit pojem „prostor hrnce“ až na pojem nezávislého (absolutního) prostoru, s nekonečnými rozměry, který obsahuje všechny hmotné objekty. V takovém případě si nelze představit hmotný předmět, který by se nerozprostíral v prostoru. S druhé strany lze však připustit existenci prázdného prostoru.

Toto dvojí chápání prostoru vede k tomuto protikladu: a) prostor je vlastností polohy (positional quality) hmotného vesmíru; b) prostor je „ložným prostorem“ všech hmotných předmětů. V případě (a) je nemyslitelný prostor bez hmotných předmětů. V případě (b) je hmotný objekt myslitelný jen jako existující v prostoru. V tomto pojetí je prostor realitou, a to dokonce realitou vyššího řádu než je hmotný svět. Obě koncepce prostoru jsou volnými výtvoři lidské fantasie, pomůckami, vynalezenými pro snažší pochopení naší smyslové zkušenosti.

Tyto rámcové úvahy se týkají povahy prostoru, vyšetřovaného s hlediska geometrického a kinematického. V jistém smyslu si obě hlediska neodporují díky Descartesově soustavě souřadnic, třebaže taková soustava předpokládá již obecnější pojem prostoru.

Obsah pojmu prostor byl obohacen, ale současně i zkomplikován Galileem a Newtonem: prostor se zavedl jako samostatná příčina inerciálních vlastností těles, neboť bylo nutno zpřesnit význam klasického principu setrvačnosti (a tím i klasického zákona pohybu).

Plné a jasné pochopení této okolnosti je podle mého mínění jedním z největších Newtonových úspěchů. Na rozdíl od Leibnize a Huygense Newton postřehl, že koncepce prostoru (a) nestačí, aby byl na ní založen princip setrvačnosti a zákon pohybu. Dospěl k tomuto závěru, i když si byl vědom obtíže, která byla důvodem oposice Leibnizovy a Huygensovy, že se totiž prostor zavedl nejen jako zvláštní předmět, nezávislý na hmotných objektech, nýbrž že se prostoru připsala absolutní úloha i v celé kauzální stavbě teorie. Tato role je absolutní v tom smyslu, že prostor (jako inerciální systém) působí na všechny hmotné předměty, zatím co naopak tyto předměty na prostor vůbec nepůsobí.

Užitečnost Newtonovy teorie přehlušila na několik století tyto pochybnosti. Koncepce prostoru (b) byla přijata všemi vědci, a to jako teorie inerciální soustavy, zahrnující i čas. Dnes lze o této pověstné diskusi mezi Newtonem na jedné a Leibnizem a Huygensem na druhé straně říci toto: Newtonovo řešení bylo pro tehdejší dobu, tehdejší stav vědění, jediné možné, a hlavně, jediné užitečné.

Další vývoj však, který se dál cestou, kterou nikdo nemohl předvídat, ukázal, že Leibnizova a Huygensova oposice, intuitivně dobře podložená, obhajovaná však nepřiměřenými argumenty, byla oprávněná.

Bylo třeba tvrdých bojů, aby se došlo k pojmu nezávislého a absolutního prostoru, který byl nutný k rozvoji teorie. Dnes je však třeba neméně tvrdého úsilí, aby se tento pojem překonal, a tento proces, zdá se, bude ještě dlouho probíhat.

Jammer ve své knize zkoumá hlavně obsah pojmu prostoru ve starověku a středověku. Na základě svých výsledků přichází k závěru, že dnešní pojem prostoru (pojětí (b)), to jest koncepce prostoru jako „ložného prostoru“ všech hmotných předmětů, začal se formovat až po období renesance. Já sám myslím, že atomistická teorie starověku, podle níž mají atomy individuální existenci, nutně vyžaduje prostor typu (b), zatím co vlivnější aristotelovská škola se snažila obejít se bez pojmu nezávislého (absolutního) prostoru. Jammerovy domněnky o vlivu theologie na vytváření pojmu prostoru, které leží vně rámce mé kompetence, pravděpodobně vyvolaly zájem u těch, kteří se otázkou prostoru zabývají hlavně po historické stránce.

Překonání pojmu absolutního prostoru, jako inerciální soustavy, bylo možné až tehdy, kdy pojem hmotného předmětu — tohoto základního pojmu fyziky — byl postupně nahrazen základním pojmem pole. Působením ideí Faradayových a Maxwellových se tento pojem rozvinul na takový stupeň, že pravděpodobně každá fyzikální realita se dá vyložit jako pole, jehož složky závisí na čtyřech prostorově-časových parametrech. Jsou-li potom zákony tohoto pole obecně kovariantní, to jest nezávislé na volbě specifické soustavy souřadnic, pak zavedení nezávislého (absolutního) prostoru již vůbec není nutné. To co tvoří prostorovou stránku reálnosti, je v tomto případě jednoduše čtyřrozměrnost pole. Pak ale neexistuje prázdný prostor, to jest, není prostoru bez pole.

Jammerova práce nám ukazuje, jakými oklikami byly obtíže tohoto problému překonány. Dodnes neobjevil nikdo jiný způsob, jak odstranit inerciální soustavu, než vyjít z teorie pole.

Přeložil dr. A. Srovnal