

Krob, Josef

## Chápeme správně prostor a čas?

*Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. B, Řada filozofická.*  
1988, vol. 37, iss. B35, pp. [29]-35

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/106994>

Access Date: 27. 11. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

JOSEF KROB

## CHÁPEME SPRÁVNĚ PROSTOR A ČAS?

Otázku vyjádřenou názvem stati lze položit i jinak: je důsledné naše filozofické pojetí prostoru a času?

První část článku představuje jakási „prolegomena“ k části druhé, v níž uvádím vlastní důvody, které mě vedou k položení této otázky. Ústředním tématem tohoto příspěvku je vědecká formulace vzájemné závislosti hmoty, prostoru a času z počátku 20. století a zejména její důsledky pro další poznávání našeho světa.<sup>1</sup> Přestože věda odhalila řadu souvislostí a zákonitostí týkajících se prostoru a času, přetrvávají ve vědomí většiny lidí — nezávisle na stupni jejich vzdělání — ty představy o těchto základních charakteristikách našeho světa, jež se zformovaly v době, kdy si je člověk teprve začíná osvojovat. Nejprve v praktické činnosti, technice, umění, v každodenním životě, později s rozvojem jednotlivých věd si je začíná i teoreticky uvědomovat. Čas a prostor postupně a pouze částečně ztrácejí svoji instinktivně nazírací formu, stávají se pojmy a jako takové i součástí myšlení a vytvářejí se tak předpoklady pro vznik kategorií prostoru a času a jejich další filozofický „vývoj“. (Vývoj tu dávám do uvozovek proto, že nedochází k žádným zásadním kvalitativním proměnám v pojetí těchto kategorií, nýbrž jde jen o teoretické podchycení jejich nazíravé podoby. Celý jejich „vývoj“ není nic jiného, než řada spekulací na dané téma.)

(1) První slova popisující prostorové a časové vztahy byla bezpochyby výsledkem praktické potřeby — vyjadřovala velikost používaných předmětů, množství času potřebného k určité konkrétní činnosti atd. Prvním měřítkem se stalo to, co bylo relativně stálé, vždy snadno dostupné a všeobecně známé. Délky se odvozovaly z velikostí jednotlivých částí lidského těla — stopy, palce, lokty, pídě; pro čas se pak touto mírou stal nejsnáze pozorovatelný periodicky se opakující přírodní děj — střídání dne a noci. Těchto měr a jejich násobků či zlomků se zcela přirozeně používalo k vyjádření velikosti jednotlivých předmětů nebo trvání určitých dějů. Jak-

---

<sup>1</sup> Mám zde na mysli fyzikální formulaci toho, co o vzájemné souvislosti obsahu těchto kategorií řekl marxismus v 70. letech 19. století.

mile tak člověk získal měřítko, naskytla se mu možnost měřit nejen rozměry předmětů, ale i vzdálenosti mezi nimi. V této změřené vzdálenosti nemuselo být pro pozorovatele v daném okamžiku *nic důležitého* a odtud už je pak jen krůček k představě, že je možno měřit prostor, ve kterém není *vůbec nic* (že tento prostor *vůbec* existuje), a plynutí času, ve kterém se *vůbec nic* neděje. Tento proces „vyprazdňování“ prostoru je zřejmě ještě urychlován všední zkušeností, v níž se člověk setkává s prázdnými nádobami, které je možné plnit a opět vyprazdňovat, a které tak mohou sloužit jako předobraz vznikající představy a později pojmu prázdného prostoru; ovšem s tím rozdílem, že v této nové představě jsou těmto nádobám přisovány nekonečné nebo alespoň velmi velké rozměry.

Pravděpodobně takovýmto způsobem vzniká poměrně záhy pojem prázdného prostoru, který je vyplnitelný libovolnými materiálními objekty, a pojem nezávisle plynoucího času, který je vyplnitelný událostmi. Současně je tak prostor ztotožněn s prázdnotou a čas s monotónním plynutím bez hranic, s věčností.

Následující rozvoj jednotlivých speciálních vědních disciplín včetně filozofických toto pojetí prostoru a času jenom zpřesňuje, prohlubuje a neustále utvrzuje člověka v přesvědčení o jeho správnosti. Démokritos, který pro své absolutně tuhé atomy hledá místo, v němž by se mohly pohybovat, hovořil nikoliv o prostoru, ale o prázdnu, axiomy Eukleidovy geometrie byly formulované a platné pouze v rámci tohoto pojetí prostoru (a prázdna), ptolemaiovská — a později také církevní — astronomie toto prázdno přenesla i do nebe, kde je zaplnila reálnými astronomickými i smyšlenými objekty.

Ža vyvrcholení tohoto pojetí prostoru a času je možné považovat Newtonovu koncepci, podle které se svět skládá ze tří absolutních na sobě nezávislých entit: nehybné inertní hmoty, absolutního prostoru a absolutního času. (Některí autoři k těmto třem entitám přidávají ještě entitu čtvrtou, nehmotnou sílu.) V Newtonově koncepci je explicitně vyjádřena představa prostoru jako nádoby s nekonečnými rozměry, do které jsou vloženy jednotlivé materiální objekty. (Geometrické vyjádření prázdného prostoru nezávislého na materiálních objektech v podobě eukleidovské geometrii bylo natolik pevně zakořeněno v myšlení, že např. Kant mohl hovořit v této souvislosti o apriorních formách nazírání, které jsou nezávislé na vnější zkušenosti, pouze slouží jako schémata jejího uspořádání.) Absolutní pojetí času jako rovnoměrného plynutí jedním směrem, plynutí nezávislého na materiálních dějích, vytváří předpoklady pro absolutní simultánnost — absolutní pojetí současnosti. To si současně vynucuje předpoklad okamžitého působení na dálku, působení nezávislého na prostorovém uspořádání materiálních objektů, jinými slovy, signály se musí šířit nekonečnou rychlostí.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Předpoklad absolutního času vytváří možnost synchronizace hodin na libovolně od sebe vzdálených místech, a to znamená, že děje současně probíhající v jednom z těchto míst, by byly jako současně pozorovány i ve všech ostatních různě vzdálených místech. Současnost je tak absolutní. Takováto synchronizace hodin a takovýto výsledek pozorování však předpokládá, že uvažujeme nekonečnou rychlost šíření signálů, protože jenom tak lze zajistit, aby objekty na sebe působily bez jakéhokoliv zpoždění, nezávisle na vzájemné vzdálenosti.

Prvním náznakem, že tento pohled na svět nemusí být jediný možný, jsou neeukleidovské geometrie budované od první poloviny 19. století. Přestože se v nich objevuje myšlenka, že vlastnosti prostoru mohou záviset na materiálních objektech, které svými vlastnostmi určují charakteristiky tohoto prostoru a determinují jej, zůstávají poměrně dlouhou dobu v oblasti teoreticko-spekulativní a nejsou chápány jako adekvátní zobrazení reálného světa. Situace se však radikálně mění se vznikem speciální a později zejména obecné teorie relativity, která využívá těchto neeukleidovských geometrií jako zobrazení reálného fyzikálního prostoru. Teorie relativity jako kvalitativně nový pohled — mimo jiné — na prostor a čas je výrazným předělem v rozvoji lidského myšlení nejen pro svůj speciálně vědní obsah, ale i z toho důvodu, že začíná etapu vědy, která se rozchází s tzv. zdravým rozumem. A veškeré nedostatky současného běžného pojetí prostoru a času — nebo alespoň většina z nich — jsou způsobeny převážně tím, že se snažíme pochopit a vysvětlit nové pojetí prostřednictvím tohoto zdravého rozumu, tedy pomocí klasických, ve vztahu k tomuto novému pohledu již neadekvátních představ, pomocí kategorií, jejichž význam se — někdy dosti zásadně — posunul a my si tento posun ne vždy dostatečně uvědomujeme.

Pokusím se tuto situaci názorně naznačit na konkrétních příkladech. V relativistických modelech vesmíru, které využívají neeukleidovské geometrie, se často hovoří o zakřiveném prostoru. Přestože se téměř vždy jedním dechem upozorňuje na to, že člověku je názorná představa zakřiveného trojrozměrného prostoru odepřena, bývá často tato křivost chápána nesprávně — názorně. Slovo křivost má totiž jiný význam v běžném jazyce a jiný v geometrii. Jestliže bychom chtěli zůstat u takového chápání křivosti, jaké je vlastní běžnému jazyku, museli bychom mít možnost posoudit křivost trojrozměrného prostoru na základě vyšší, čtvrté dimenze. (Podobně jako zakřivení dvojrozměrné plochy, např. listu papíru, posuzujeme v běžném životě pohledem z třetího rozměru.) S realitou čtvrtého rozměru však zatím pracuje pouze sci-fi literatura a nám musí stačit k vyjádření křivosti trojrozměrného prostoru jeho vlastní tři dimenze. Vysvětlení bude zřejmější, když si uvědomíme, jakým způsobem vznikají neeukleidovské geometrie. Eukleidovská geometrie, jako každý deduktivní systém, vychází z několika axiómů, jejichž odvození z praktické činnosti není třeba zde zdůrazňovat. Tvůrci neeukleidovských geometrií odmítají nebo upravují některé z těchto axiómů a vytvářejí tak geometrie nové, které jsou popisem prostoru, jenž je charakteristický různou (stále však geometrickou) křivostí, kladnou nebo zápornou. Při určování křivosti prostoru postupujeme tedy opačně. Chceme-li zjistit, zda je trojrozměrný prostor zakřiven, nepotřebujeme k tomu čtvrtou dimenzi, ale je nutné prozkoumat geometrické vztahy v tomto prostoru a určit, zda se závěry nějak liší od Eukleidových axiómů. V kladném případě hovoříme o prostoru zakřiveném. Dovolím si uvést příklad. Spojíme-li v ploše eukleidovské geometrie vzájemně tři body neležící v jedné přímce nejkratším možným způsobem, získáme trojúhelník, jehož tři úhly nám v součtu dají  $180^\circ$ . Představíme-li si pak glóbus, jehož povrch je protkány poledníky a rovnoběžkami jako nejkratšími spojnicemi na nich ležících bodů — stejně jako přímka v předcházející rovině, můžeme na tomto povrchu najít trojúhel-

ník, jehož základnu tvoří rovník, strany jsou určeny dvěma poledníky a vrcholem je jeden z pólů. Když potom budeme měřit úhly tohoto trojúhelníku, zjistíme, že u základny-rovníku jsou dva pravé úhly a úhel u vrcholu-pólu může nabývat libovolných hodnot podle zvolených poledníků. Tak zjišťujeme, že součet všech úhlů v tomto trojúhelníku je větší než  $180^\circ$ , a říkáme, že tato plocha je kladně zakřivená. (Důkaz o tomto zakřivení podal již Fernão Magalhães první cestou kolem světa v letech 1519—1522.) O podobné měření úhlů v trojúhelníku, ovšem v mnohem větším měřítku, se pokoušeli kosmologové a astronomové, ale výsledky nebyly dostatečně průkazné, aby podle nich bylo možné rozhodnout, zda reálný fyzikální prostor našeho vesmíru je zakřiven a jak.

Z uvedeného je však patrné, že deformovaná plocha, kterou bychom v běžném životě mohli považovat za zakřivenou, nemusí být vždy křivá v geometrickém slova smyslu. Jestliže ohnu list papíru, nezměním tím geometrii této plochy a tedy se nejedná o *geometrickou* křivost, přestože podle zdravého rozumu je tento list křivý. A naopak. Plocha, která bude v klidu vykazovat všechny vlastnosti plochy eukleidovské, bude mít při pohybu, jehož rychlost dosáhne takové výše, že se měřitelně projeví relativistické efekty zkracování délek, všechny vlastnosti geometricky křivé plochy.<sup>3</sup>

Tyto vztahy neplatí samozřejmě pouze pro plochu, ale i pro prostor, a tak můžeme říci, že každý vztažný systém, který se pohybuje nerovnoměrně, má neeukleidovskou geometrii. Obecná teorie relativity pak na základě známého myšlenkového pokusu Einsteinovy zdviže dokazuje ekvivalenost gravitace a setrvačnosti a je tedy z hlediska vnitřních zákonitostí vztažného systému lhostejné, zda se objekt pohybuje nerovnoměrně, nebo zda se nalézá v gravitačním poli. Z toho pak plyne, že o zakřiveném prostoru je možné hovořit ve všech případech, kdy máme co dělat s gravitací, tzn. s hmotnými objekty.

Změnám v důsledku gravitace nepodléhá pouze prostor, ale podobné změny platí samozřejmě i pro čas, který má v silném gravitačním poli jiný průběh. (Zakřivení prostoru i zpomalení toku času v důsledku působení gravitace bylo experimentálně potvrzeno.<sup>4</sup> Při extrémních hodnotách gravitačního pole, které může vzniknout např. zkolabováním hmot-

<sup>3</sup> Podrobnější a poutavější vysvětlení těchto vztahů podává G. Gamow v knize *Pan Tompkins v říši divů*, Praha 1986.

<sup>4</sup> Zakřivení prostoru bylo prokázáno pozorováním hvězdy, která se promítá na naší obloze do blízkosti Slunce. Toto pozorování prováděné při zatmění Slunce ukazuje, že obraz této hvězdy je posunutý v porovnání s obrazem získaným v jiném ročním období, tedy v době, kdy máme možnost pozorovat tuto hvězdu, aniž by dráha jejího světelného paprsku byla ovlivněna gravitačním polem Slunce. Znamená to, že výsledný první obraz byl ovlivněn průchodem světelného paprsku gravitačním polem, dráha paprsku se zakřivila, nebo přesněji vedla zakřiveným prostorem.

Zpomalení času bylo prokázáno tzv. „gravitačním rudým posunem“, jevem, který je pozorován při zkoumání spekter hvězdných objektů. Spektrální čáry jednotlivých atomů se posunují k červenému konci spektra, což je způsobeno jejich pomalejšími kmitů (měřeno našimi hodinami), tzv. pomalejším tokem času, poněvadž počet kmitů v časové jednotce je konstantní.

Viz: Vanýsek, V.: *Základy astronomie a astrofyziky*. Praha 1980, s. 442.

ného objektu pod tzv. Schwarzschildovu linii<sup>5</sup> (tyto objekty jsou známe jako černé díry), se projevuje vzájemná souvislost času a prostoru mnohem bezprostředněji a těsněji. Prakticky to znamená, že události, které se odehrávají pod Schwarzschildovou linií a následují *po sobě a v jednom místě*, se budou do vztažné soustavy umístěné vně této linie transformovat *vedle sebe a v jednom časovém okamžiku*. Dovolím si zde volně interpretovat příklad profesora Gamowa. Obědváte-li v restauračním vagonu jedoucího vlaku, pak jednotlivé chody vašeho oběda jsou odděleny časovým intervalem a spojeny s jedním místem vagonu. Z hlediska vztažné soustavy spojené s tratí však jíte polévku a pijete kávu v různých místech tratě.<sup>6</sup> Ukazuje se tedy, že se všemi uvedenými změnami se mění i chápání současnosti. Současnost již nemůže být vysvětlována ve smyslu absolutní simultánnosti (tj. předpokladu o okamžitém působení nezávislém na vzdálenostech tak, jak to vyplývá z představy o absolutním čase společném pro všechny materiální procesy a na nich nezávislém), jak tomu bylo v klasické fyzice, ale je třeba uvažovat různé vztažné soustavy, ve kterých se různé události budou z hlediska současnosti hodnotit různě.

Přijmeme-li uvedené závěry, a není důvodu je nepřijmout, je možné a lepší říci, že změny způsobené pohybovým stavem hmoty nebo gravitací jsou spíše než změnami v prostoru a v čase změnami prostoru a času, resp. změnami časoprostorových vztahů hmotných objektů.

A nyní se již dostáváme k vlastnímu záměru tohoto příspěvku. Nejedná se o nic žhavě nového, ovšem příznačné je, že toto „nic nové“ stále ještě vyžaduje více či méně důkladné zdůvodnění, které jsem se pokusil podat v předcházející části, a které bylo nutné, abych pouze neopakoval již dostatečně známé poučky.

(2) První moment, kdy se systematicky začíná narušovat tradiční pojetí hmoty, prostoru a času jako na sobě nezávislých substancí, je spjat se vznikem marxistické *filozofie*, zejména pak s Engelsovým zobecněním výsledků přírodních věd. Ve fyzice je tradiční mechanistické pojetí těchto kategorií odmítnuto s uznáním teorie relativity, která hovoří o souvislosti hmoty, prostoru a času jako o *fyzikální skutečnosti*.

Na uvedených příkladech jsem se pokusil ukázat určitý nedostatek v pojetí času a prostoru jako základních kategorií dialektického materialismu. Přestože teoreticky víme, jak chápat tyto kategorie, víme, jaké jsou jejich souvislosti, v okamžiku, kdy nemluvíme výhradně o těchto vzájemných souvislostech, dostáváme se opět do zajetí tradičního newtonovského pojetí zmíněných kategorií. Často se pak stává, že výrazovými prostředky, které jsou adekvátní právě jen tradičnímu pojetí, se snažíme popsat a vysvětlit pojetí nové; to samozřejmě vede k vytvoření deformovaného obrazu. Teoreticky tak víme, jaké jsou vlastnosti zakřiveného prostoru, že jsou

<sup>5</sup> Hvězdy hmotností značně převyšující hmotnost Slunce se gravitačně zhroutí až pod poloměr, který uzavírá prostor takového zakřivení, že odtud vyslaný signál dojde k pozorovateli vně tohoto poloměru za nekonečně dlouhou dobu. Z prostoru omezeného tímto Schwarzschildovým poloměrem by nepřicházelo absolutně žádné záření, a odtud i název černá díra.

Viz: V a n ý s e k, V.: *Základy astronomie a astrofyziky*. Praha 1980, s. 324.

<sup>6</sup> G a m o w, G.: *Pan Tompkins v říši divů*. Praha 1986, s. 23.

projevem vztahů hmotných objektů, přijímáme fakt, že současnost je relativní; přesto se však nemohu zbavit dojmu, že všechny tyto skutečnosti jsou při výkladu dialektického materialismu, zejména ve středoškolských a i vysokoškolských učebnicích, pouhou teoretickou kuriozitou vhodnou pro zpestření vysvětlované látky, a že při „vážných věcech“ nastupují opět již osvědčené staré formulky. Mezi nejznámější patří např.: „Hmota je věčné a nekonečně se pohybující v nekonečném prostoru a času“<sup>7</sup> nebo „Vždy a všude existuje každé těleso jak v prostoru tak v čase“<sup>8</sup> apod. Takovéto formulace — nejsou vlastně ničím jiným než neustálým obměňováním Leninovy teze „ve světě není nic než pohybující se hmota, a pohybující se hmota se nemůže pohybovat jinak než v prostoru a čase“<sup>9</sup> — vytvářejí představu, že hmota je v něčem umístěna a nikoliv, že toto „něco“ je vlastností hmoty. Stručně vyjádřeno — relativnost času a prostoru přijímáme de iure, avšak de facto setrváváme u tradičního pojetí těchto kategorií.

Příčin této skutečnosti bude zřejmě více. První a bezprostřední příčinu vidím v mechanickém opisování z kontextu vytržené už zmíněné Leninovy teze. V případě Leninovy formulace však předložka v a) je „omluvitelná“, neboť Lenin nemohl ještě v tomto díle zobecnit výsledky speciální a obecné teorie relativity, b) má z jistého hlediska i svůj význam, protože z kontextu, který při těchto citacích bývá opomíjen, vyplývá, že Lenin staví proti sobě komplexy elementů v *hlavě* a hmotu v *objektivním prostoru*. Druhou příčinou by mohla být určitá jazyková setrvačnost, lpění na výrazových prostředcích, které již nemají schopnost adekvátně zobrazit skutečnost a neměly by být součástí vědeckého jazyka. Tato jazyková setrvačnost je v podstatě vyjádřením třetí příčiny, setrvačnosti myšlení, výrazem již zmiňovaného zdravého rozumu. (Tento vztah samozřejmě není jen jednostranný: jazykový výraz, kterého denně užíváme, zpětně formuje naše myšlení a tím přispívá k stabilitě určitého názoru.) Hlubší kořeny jazykové setrvačnosti a setrvačnosti myšlení jsou v tom, že se nejedná o pouhé přežívání tradičního pojetí prostoru a času, ale že toto pojetí je pro orientaci v běžném životě vcelku dostačující, že pro poznání světa na makroskopické úrovni jsou rozdíly mezi tradičním a novým pojetím téměř zanedbatelné. Ovšem chceme-li poznávat svět na všech jeho úrovních, nemůžeme mechanicky přenášet naše běžné představy z jedné úrovně do druhé.

Kromě toho však výraz „hmota v prostoru“ je zálužný ještě z jednoho důvodu. Představa hmotných objektů rozmístěných v prostoru (vložených do prostoru) počítá pouze s takovými údaji, jako jsou např. vzdálenost, rozměr, objem, tedy s údaji, které vyjadřují rozprostraněnost, a veškeré vlastnosti prostoru jsou tak redukovány na kvantitativní popis prostorové struktury světa. Zcela tak v tomto pojetí chybí problematika kvalitativních vlastností prostoru a času, např. vlastnosti topologické, otázky rovnoměrného či nerovnoměrného plynutí času, entropie, kauzality a času, problém diskrétnosti a spojitosti prostoru a času atd. Nakonec je tak

<sup>7</sup> Brychňáč, V. a kol.: *Marxisticko-leninská filozofie*. Praha 1978, s. 72.

<sup>8</sup> Konstantinov, F. V. a kol.: *Marxisticko-leninská filozofie*. Praha 1973, s. 68.

<sup>9</sup> Lenin, V. I.: *Spisy*, sv. 14. Praha 1957, s. 183.

opomíjeno i důsledné aplikování relativnosti prostoru a času vzhledem k jednotlivým konkrétním formám hmoty.

A na závěr mi nezbývá než pokusit se také o konstruktivní pohled, nabídnout řešení. Vycházím z toho, že i z formálně logického hlediska je výraz „hmota existuje jen v prostoru a čase“ pouze „polovičním“ vyjádřením skutečnosti, že ponechává otevřenou možnost předpokladu existence prostoru a času mimo hmotu. Z tohoto tvrzení se dovídáme pouze to, že všechna hmota může existovat jen v prostoru a v čase, avšak současně si můžeme myslet, že existují prostor a čas, které nejsou vyplněny hmotou. Je tedy třeba doplnit původní uvažované tvrzení tím, že „prostor a čas existují pouze v hmotě“. Tedy: hmota v prostoru a čase a čas a prostor v hmotě. Budeme-li však i nadále používat takovýmto způsobem předložku „v“, která něco někam umisťuje, nikdy se nevyhneme kostrbatosti podobných formulací.

Další možnost je, že budeme mnohem důsledněji používat obratu, jenž se bez problému vžil v souvislosti s kategoriemi odrazu a hmoty; že budeme hovořit o prostoru a času jako o obecných vlastnostech hmoty. Lze zajisté vymyslet řadu dalších podobných obrátů („hmota existuje pouze prostorově a časově“, „časoprostorová struktura hmoty“ atp.), ale to bych již ponechal jako podnět k dalším úvahám.<sup>10</sup>

## NOTRE COMPRÉHENSION DE L'ESPACE ET DU TEMPS EST-ELLE JUSTE?

Ces sont les problèmes de juste interprétation des catégories de l'espace et du temps qui sont posés comme les questions principales de cet article. L'auteur veut montrer la faiblesse et l'inconséquence de la conception de ces catégories qui est en relation avec la phrase „la matière n'existe que dans l'espace et dans le temps“. L'auteur attire l'attention sur le fait que cette phrase est un résidu de la conception traditionnelle qui a ses racines dans l'histoire lointaine et qui s'était terminée avec Newton; c'est la conception qui parle de l'espace vide, de l'espace absolu. L'auteur constate que cet résidu, qui a fait son temps dans la science moderne, est toujours vivant dans la vie quotidienne d'où il pénètre périodiquement dans le matérialisme dialectique. L'auteur cherche ensuite à dévoiler les causes de cette vitalité.

<sup>10</sup> Může se např. zdát, že podobnou úvahu bychom mohli aplikovat na „zakřivený prostor“. Je-li slovo prostor souhrnným vyjádřením vztahů materiálních objektů, jak mohou být vztahy zakřivené? Tato otázka má však smysl jen tehdy, když použijeme slovo zakřivený v negeometrickém smyslu, a to je neadekvátní. Zakřivený prostor je označení pro takové materiální vztahy, jejichž geometrické vyjádření není odvoditelné z Eukleidových axiómů a ani na ně není redukovatelné. Zjednodušeně: zakřivený = neeukleidovský.