

Krob, Josef

## Vesmír v člověku

In: Krob, Josef. *Hledání času, místa, smyslu*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, 1999, pp. [83]-121

ISBN 8021020490

Stable URL (handle):

<https://hdl.handle.net/11222.digilib/123003>

Access Date: 29. 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.

**MUNI**  
**ARTS**

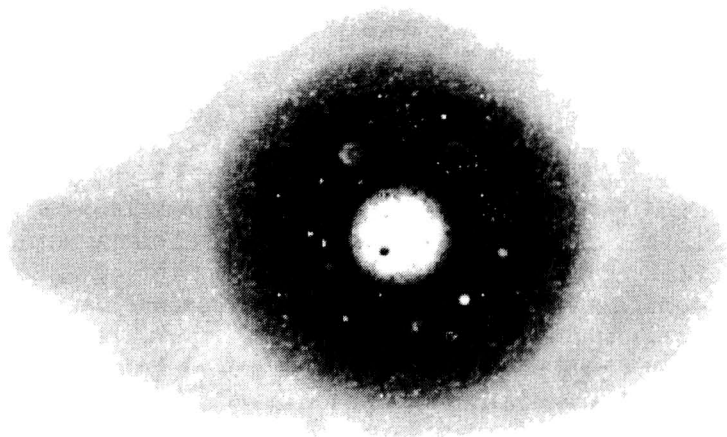
Masarykova univerzita  
Filozofická fakulta

Digital Library of the Faculty of Arts,  
Masaryk University  
[digilib.phil.muni.cz](http://digilib.phil.muni.cz)

# Vesmír v člověku

---

---



## Význam geometrie

Kosmologické představy, ať už byly čistými spekulacemi, či vycházely z pozitivních faktů přírodních věd, byly vždy a doposud jsou poměrně úzce spjaty se souběžnými představami geometrickými. V případě například pýthagorovců můžeme dokonce hovořit o primátu geometrických spekulací před uspořádáním těles ve fyzikální realitě. Aristoteles, který jednoznačně „zakázal“ tuto geometrickou spekulaci a rozhodující slovo udělil empirické realitě v podstatě otevřel dveře Eukleidovi a jeho geometrickému systému, který, i když jeho axiomy nejsou (nemusí být) empiricky či vůbec zdůvodnitelné, této empirické realitě (=makrosvětu) poměrně dobře odpovídá a také po dva tisíce let ve své vcelku vyhovující podobě nebyl měněn. Ostatně pro praktické potřeby či běžný život je tento koncept použitelný i nadále, pouze pro složitější teoretická vyjádření se od 19. století stává jen jednou z možností geometrické interpretace reality. Právě v souvislosti s formulací dynamické podoby relativistických modelů jsou plně využívány jednotlivé typy geometrií a geometrie se tak stává fyzikou.

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 být schopni posoudit křivost trojrozměrného prostoru na základě vyšší, čtvrté dimenze. (Podobně jako zakřivení dvojrozměrné plochy, například 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 připomeneme, jakým způsobem vznikají neeukleidovské geometrie. Jako každý deduktivní systém, vycházejí z několika axiomů,

jejichž odvození z praktické činnosti předpokládám, přestože v tomto ohledu není dokonalé shody mezi jednotlivými, víceméně filosofickými náhledy. 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 tři body neležící v jedné přímce nejkratším možným způsobem, získáme trojúhelník, jehož tři úhly nám v součtu dají 180 stupňů. Představíme-li si pak glóbus, jehož povrch je protkaný poledníky a rovnoběžkami jako nejkratšími spojnicemi na nich ležících bodů — stejně jako přímka v předcházející rovině, můžeme na tomto povrchu najít trojúhelník, 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 stupňů, a říkáme, že tato plocha je kladně zakřivená. 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 zdánlivě vykazovat všechny vlastnosti plochy eukleidovské, bude mít například při pohybu, jehož rychlost dosáhne takové výše,

že se měřitelně projeví relativistické efekty zkracování délek, všechny vlastnosti geometricky křivé plochy.<sup>77</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 ekvivalentnost 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>78</sup> Při extrémních hodnotách gravitačního pole, které může vzniknout například zkolabováním hmotného objektu pod tzv. Schwarzschildovu linii<sup>79</sup> (tyto objekty jsou známé jako černé díry), se projevuje vzájemná souvislost času a prostoru mnohem bezprostředněji a těsněji. Prakticky

<sup>77</sup>Podrobnější a poutavější vysvětlení těchto vztahů populární formou podává G. Gamow v knize *Pan Tompkins v říši divů*. Praha 1986.

<sup>78</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 posuvem“, jevem, který je pozorován při zkoumání spekter hvězdných objektů. Spektrální čáry jednotlivých atomů se posunují k červenému konci spektra, což je způsobeno jejich pomalejšími kmity (měřeno našimi hodinami), tzn. pomalejším tokem času, poněvadž počet kmitů v časové jednotce je konstantní. Viz V. Vanýsek: *Základy astronomie a astrofyziky*, Praha 1980, s. 442.

<sup>79</sup>Hvězdy hmotností značně převyšující hmotnost Slunce se gravitačně zhroutí až po 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. Vanýsek: *Základy astronomie a astrofyziky*. Praha 1980, s. 324.

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. 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 důvod 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.

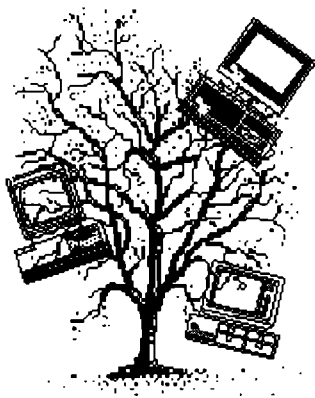
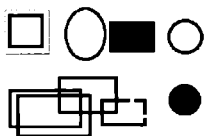
## Místo ve vesmíru — prostor jako vztah geometrie a fyziky

Jako základnější problém — ve srovnání s problematikou prostoru — bývá v tradiční i současné filosofii a přírodní vědě většinou chápán čas. Možná je to pohled věcně oprávněný, možná je to jen důsledek našeho antropocentrismu a existenciálního prožívání a uvědomování si času. Důsledkem je v každém případě odsunutí problému prostoru na druhé místo. Přesto ani v případě prostoru nemůžeme hovořit o nějakém homogenním, jednoznačném a neproblémovém pochopení, ve kterém bychom nenalezli žádné otazníky. Jednu z prvních podob, ve které bychom mohli představy o prostoru nalézt, můžeme nazvat „intuitivně nazíravou“. Je to ta úroveň úvah, kdy nám připadá samozřejmé, že vše, o čem mluvíme, má své **místo**. A netýká se to jen hmotných objektů, ale i psychických stavů a abstraktních pojmů. Mluvíme-li o lásce, klademe často ruku na srdce, kde „sídlí“, řečtí bohové mají svou olympskou adresu a dokonce i duše je podle Descarta lokalizovaná v šišince mozkové. Zkrátka, existuje-li něco, existuje to někde, všechno je na svém **místě**.

Od nazíravého se dostáváme k „intuitivně pojmovému“ vyjádření, kdy je prostor velmi často ztotožňován s prázdnotou, kterou je možné chápat současně dvěma způsoby. V atomistické interpretaci světa je prázdno protikladem bytí: „Neexistuje nic, než atomy a prázdno“, říká Démokritos, kterému prázdnota slouží jako doplňkový princip, protiklad absolutně tuhých atomů, které potřebují „volnost“, aby se mohly pohybovat. Podobně můžeme prázdno pochopit jako předpoklad bytí, a zůstat tak v souladu s nazíravým pochopením prostoru tvrzením, že „když něco je, je to lokalizovatelné“. Prostor, prázdnota je tak před jakýmkoli jsoucnem, je jeho podmínkou.

Teprve až velmi pozdě, až od 19. století, se vznikem neukleidovských geometrií a ve fyzice s formulací teorie relativity se začíná uplatňovat třetí pohled na prostor, a to „teoreticko pojmový“ v podobě, kterou bychom mohli zařadit k relačním představám o prostoru.

Hledání našeho místa ve vesmíru a jakákoli řeč o prostoru jako o další základní komponentě světa je vždy spojena s určitými geometrickými představami. Jak se tyto geometrické představy mají k fyzikální realitě je otázka, která se v různých podobách — skrytě či otevřeně — objevuje v průběhu celých dějin kosmologie.



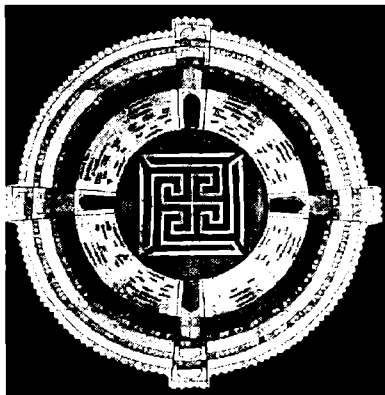
Relační pojetí prostoru: prostor je určen vztahem materiálních konkrétních objektů. Vztah jakýchkoli abstraktních, prázdných forem k ničemu neprovokuje ani neinspiruje, jakékoli jejich uspořádání nás nechává „fyzikálně“ (nikoli například umělecky) lhostejnými. Nepatřičné uspořádání reálných objektů v nás však okamžitě vzbuzuje pocity o prostorové neuspořádanosti.

Začíná to ignorováním vzájemných vztahů mezi geometrií a fyzikální realitou. Pýthagorovci uvažují o uspořádání těles ve vesmíru zcela svobodně, fyzikální realita pro ně znamená pouze jediné omezení: volně vytvářené geometrické modely musí být schopny reprodukovat empirická pozorování skutečnosti. Jednotlivé, spekulativně vytvořené obrazy prostorového uspořádání si však nijak nenárokují být adekvátním modelem skutečnosti, uspořádání skutečných nebeských těles.

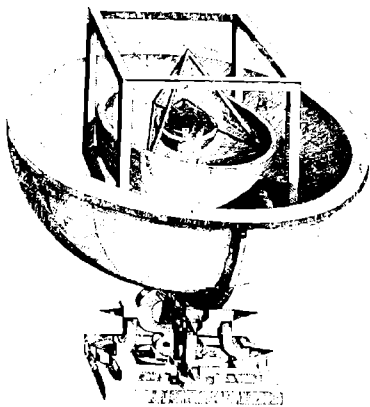
Mohou tak vedle sebe existovat různé systémy, které mají společné pouze to, že respektují pozorované pohyby. Vedle geocentrického systému vytváří příslušník pýthagorovské školy Filoláos v 5. st. př. n. l. systém heliocentrický s kulatou Zemí,



která se otáčí kolem své osy, čímž se vysvětlují denní pohyby těles po obloze. Zda se skutečně pohybuje Země, nebo tělesa na obloze však pýthagorovce v podstatě nezajímalo. **Geometrie neměla s fyzikální realitou nic společného.**



Indická malba — vesmír



Podle Platóna se geometrické učení dostává k základním pěti útvarům, kterými jsou: krychle, čtyřstěn, osmistěn, dvanáctistěn, dvacetistěn. Kepler tyto tvary později vkládá mezi sféry planet.

Odtržení geometrie od fyziky je pravděpodobně také důsledkem rozšířené představy o způsobech měřitelnosti prostoru a běžné praxe. Potřeba vyjadřovat vzdálenosti vedla k volbě všeobecně dostupného prvku (například části lidského těla), který se rychle stal etalonem. Vznik měřítka (použitím násobků a zlomků tohoto etalonu) dal člověku možnost měřit libovolné objekty, vzdálenosti mezi nimi nebo prostě *místo, kde by objekty mohly být*. Měření prostorových intervalů podporuje představu o prostoru jako svébytné skutečnosti nezávislé na materiálních strukturách a tento prostor je totéž co

prázdnou. Toto prázdno nakonec atomisté učiní základní podmínkou svého strukturního pojetí světa, ve kterém základní prvky (atomy) — protože to jsou absolutně tuhá tělíska — nutně potřebují prostor (= prázdňový prostor), aby se mohly pohybovat.

Aristoteles a někteří další byli přesvědčeni, že existence prázdňového prostoru není nutná a tělesa se pohybují tak, že mění vzájemně svou polohu, přičemž i prostředí je chápáno jako těleso. To, co se jeví jako prázdňový prostor, je ve skutečnosti vyplněno všeprostopující velmi jemnou látkou. V případě Aristotela je látkou kosmického prostředí éter. Ale ani Aristotelova filosofická a přírodovědecká autorita nezabránila prosazení představy, která více odpovídala názorným smyslovým obrazům, běžné zkušenosti a manipulovatelnosti s „prázdňovým místem“, a idea prázdnoty jako něčeho, co se reálně v přírodě vyskytuje, se v přírodovědných úvahách zabydlela na dlouhá staletí.

V jednom ohledu se však s příchodem Aristotela situace přece jenom zásadně mění. Podstata této změny spočívá v tom, že Aristoteles se snaží ve výchozím předpokladu důsledně spojovat vysvětlení kosmu a pozemskou fyziku, a uzavírá tak období svobodných úvah a spekulací, jež našly svůj vrchol v Platonově konstrukci. Otázku, jak se pozorovateli na Zemi budou jevit pohyby astronomických objektů v libovolně zkonstruovaných geometrických systémech, Aristoteles nahrazuje dotazem po fyzikální oprávněnosti těchto geometrických systémů, přičemž tato fyzikální legitimnost je postavena na základech empirických znalostí pozemské fyziky.

Aristoteles, který buduje své teorie na základě empirických pozorování, je přesvědčen, že není možné vytvářet libovolné spekulace, ale je nutné geometrické obrazy podříditi fyzikální realitě. Pohyb padajícího tělesa je základem teorie přirozených pohybů a míst a na základě této teorie je postavena představa o prostorovém uspořádání, která musí být nejen dobrým popisem, ale i vysvětlením: látka těles je tvořena čtyřmi živly (oheň, vzduch, voda, země) a samotná tělesa mají snahu dosáhnout svého přirozeného místa — těžká (převažuje v nich voda a země) dole, lehká nahoře. Všechna těžká tělesa ze všech směrů tíhnou ke svému přirozenému místu dole, které se tak stává

přirozeným středem. Země, jako jeden ze samotných živlů a centrum, ke kterému míří všechna ostatní tělesa, už sama nemá kam padat, je středem světa a vesmíru. Důkaz o správnosti geocentrického modelu je proveden, **fyzika (fyzikální realita) plně určuje geometrii.**

Dalším a paradoxním důsledkem Aristotelovy snahy o podřízení se empirickým datům, je rozdělení kosmu na dvě části. Přirozené dráhy těles skládajících se z některých čtyř živlů jsou, pokud na ně nepůsobí vnější síla, přímky procházející středem. Nebeská tělesa se ovšem nepohybují po přímkách, ale jejich dráhy jsou kružnicemi, které jsou vysvětleny jako přirozený pohyb těles skládajících se z pátého živlu — éteru. Fyzika je tak rozdělena na dvě oblasti: prostor sublunární, tj. oblast čtyř živlů a dostředných či odstředných pohybů po přímce, a prostor supralunární, svět kosmických těles pohybujících se po kružnicích.

V této podobě je Eudoxovou a zejména Ptolemaiovou prací (Almagest) završeno úsilí, jehož výsledkem je pochopení (eukleidovské) geometrie jako jediného správného popisu fyzikální reality a jejího prostorového uspořádání.

Když Koperník počátkem 16. století dospívá k heliocentrické soustavě, nacházíme mezi jeho motivy převážně teoretické pohnutky (reforma kalendáře, zjednodušení komplikované konstrukce Ptolemaiovy soustavy), méně pak vlastní pozorování, která ovšem nechybí. Za přípravnou práci k hlavnímu Koperníkově spisu je možno považovat tzv. Malý komentář (Commentariolus),<sup>80</sup> ve kterém jsou načrtnuty základní tahy heliocentrické soustavy. Geocentrický systém je tu považován za nedokonalé vyjádření vzájemných vztahů nebeských těles, ovšem nikoli na základě astronomických pozorování, ale pro přílišnou složitost komplikované Ptolemaiovy konstrukce. Hlavním Koperníkovým záměrem zde je tedy zjednodušení této soustavy a k tomuto cíli Koperníka dovádí jeden úkon: záměna místa pozorovatele. Redukování počtu kruhů nutných k vysvětlení pozorovaných pohybů se daří tím, že Země se přemísťuje na jednu ze sfér a místo ve středu zaujímá Slunce.

<sup>80</sup>Nicolai Copernici de hypothesis motuum coelestium a se constitutis commentariolus.

A jinak netknutý model je nadále použitelný podle dosavadních zvyklostí.<sup>81</sup>

Ostatně ani další spisy Mikuláše Koperníka neoplývají empirickými argumenty a spíše lze zaznamenat Koperníkovu důvěru v data změřená již v dobách antické astronomie, která je možné jen doplňovat, či nepatrně zpřesňovat.<sup>82</sup> Pro svou vadu zraku neprovádí pozorování ani Kepler, který dále zpřesňuje způsoby výpočtu planetárních drah a dostává se nakonec k tomu, že opouští myšlenku jejich pohybu po dokonalé kružnici, která je nahrazena adekvátnějším tvarem — elipsou. Primární úvaha (u Koperníka) je teoretická, filosofická a v tomto konkrétním případě novověké formulace heliocentrismu je to **geometrie, která určuje fyzikální realitu.**

Podobně jako představa vesmíru neměnného v čase bylo silně zakořeněno i pojetí prostoru v té podobě, jak je ve své geometrii zformuloval Eukleides. Po celá tisíciletí se zdálo, že Eukleidova geometrie je jediným možným a správným popisem prostoru, ať už chápaného jako reálné prostředí člověka i celého vesmíru, nebo čistě subjektivní záležitost. Samozřejmost eukleidovského popisu byla natolik silná, že Kant — ve svém kritickém, filosofickém období — postuluje prostor (a čas) jako subjektivní apriorní formy nazírání, jejichž vzorem je prostor eukleidovský.<sup>83</sup> Prostor je u Kanta jen schopností našeho mozku uspořádat přicházející data do souvislosti odpovídajících geometrickému názoru. Vlastně tak **ztotožňuje geometrii a prostor**, který je v ní popisován, přičemž ani geometrie a ani prostor neexistují mimo naše rozvažování, nepatří světu fyzikální reality.

Vznik neeukleidovských geometrií, jejichž nedílnou součástí je postulování zakřiveného prostoru (a v případě tří rozměrů je to prostor již ne-názorný, ne-smyslový), představuje zpočátku první námitku proti apriorismu, avšak později ve spojení s fyzikálními teoriemi jsou neeukleidovské geometrie

---

<sup>81</sup>Podle J. Haubelt: Mikuláš Koperník. Praha 1974, s. 34–35.

<sup>82</sup>Tamtéž, s. 36.

<sup>83</sup>Samozřejmost však jistě nebyla jediným a ani nemohla být dostačujícím argumentem pro tvrzení, že prostor je záležitostí subjektu. Evidentnost čehokoli může stejně tak vést k přesvědčení, že je to objektivní, a proto pro všechny subjekty dané stejným způsobem.

rie hlavním argumentem proti apriorně chápanému prostoru, který je v podstatě prostorem univerzálním a absolutním (je dán všem subjektům již před jakoukoli zkušeností.)

Spojení geometrie a fyziky není stále častějšími úvahami o neeukleidovských geometriích narušováno, ale přesouvá se postupně na jinou úroveň, na které se sjednocují obě dřívější apriorní formy nazírání — prostor a čas — v jeden celek.

Základním prvkem tohoto celku je *událost*, přesně charakterizující pobyt částice z hlediska místa a času. Čtyři číselné údaje — tři prostorové souřadnice a jedna časová — událost plně definují a ta takto popsaná dostává jméno *světobod*. Pohyb může být v tomto konceptu vysvětlen jako posloupnost světobodů, která dostává název *světočára*. Je-li tato světočára přímkou, jedná se o eukleidovskou geometrii a plochý prostor, je-li křivkou (zakřivenou pod vlivem tíhového pole), ocitáme se v zakřiveném prostoru. Tento prostor již není absolutní entitou, ale spolu s časem vytváří jednotné čtyřrozměrné kontinuum — svět.

Když později Einstein buduje první model vesmíru postavený na relativistické teorii, ukazuje se ovšem, že jednotnost tohoto kontinua není absolutní, neboť jeho jednotlivé složky nejsou naprosto rovnoprávné. Jsou-li všechny světočáry vesmíru zakřiveny shodným způsobem, je i světový prostor zakřivený jako celek, což v určitém případě vytváří teoretickou možnost vrátit se po cestování v tomto vesmíru do výchozího bodu. Je tedy možné vrátit se po křivce do stejného (výchozího) bodu, ale bude to již v jiném čase. V tomto Einsteinově cylindrickém vesmíru je zakřiven pouze prostor, nikoli čas.

Námítky proti absolutnosti a univerzálnosti prostoru se ovšem ke konci 19. století stále častěji objevují i v rovině fyzikální. Souvisejí zejména s novými fyzikálními teoriemi, které jsou zcela mimo teoretický rámec převládající klasické fyziky vybudované právě na absolutních entitách času, prostoru, hmoty.

Sílu tradice klasických představ o prostoru může dokumentovat i jedno nedorozumění. Jedním z kritiků newtonovského pojetí prostoru byl i fyzik a filosof Ernst Mach, který odmítnutý absolutní prostor nahrazuje vzájemnou interakcí těles. Zažitost tradičních představ potom může ilustrovat Leninova

kritika Macha, ze které je patrné, že kritik zaměňuje Machovo odmítnutí **absolutního** prostoru za popření prostoru **objektivního**.

Když Lenin volně cituje a komentuje pasáže z Machovy Mechaniky, uvádí mimo jiné: „V moderní fysice, praví, se udržuje ještě Newtonův názor o absolutním čase a prostoru, o čase a prostoru jako takových. Tento názor se ‚nám‘ zdá nesmyslný, pokračuje Mach a zřejmě netuší, že jsou na světě materialisté a materialistická theorie poznání. V praxi byl však tento názor *neškodný* (unschändlich), a proto nebyl dlouho podroben kritice.“<sup>84</sup> Lenin tak upozorňuje na ústřední myšlenku Machovy práce, tj. na kritiku newtonovského pojetí prostoru a času jako absolutních entit, které se stalo „obecným majetkem“ v praxi klasické fyziky plně vyhovujícím. Nevnímá to však jako kritiku pojetí prostoru v rámci určité fyzikální koncepce, ale jako útok právě na ten „obecný majetek“. Newtonovo pojetí Lenin ztotožňuje s materialistickým názorem, a během několika slov tak Machovi podsouvá „naivní poznámku o neškodnosti materialismu“. Proč je Lenin tak rozhořčený Machovou kritikou Newtona, plně osvětluje věta téhož odstavce: „Neškodným“ může být materialistický názor na objektivní reálnost času a prostoru jen proto, že přírodní vědy *nevycházejí* za hranice času a prostoru, za hranice materiálního světa, . . .“<sup>85</sup>

Absolutní prostor je totiž pro Lenina totéž co materialistická představa objektivního prostoru, a proto, když se Mach snaží nepopírat objektivnost fyzikálních elementů se současnou kritikou jejich absolutnosti, vyslouží si Leninův výsměch pro nedůslednost.

Leninovo nepochopení Machovy kritiky a celé toto nedorozumění, ke kterému dochází právě v době formulace teorie relativity (resp. tři roky po publikaci klíčového Einsteinova článku) a není uvedeno na pravou míru ani po formulaci obecné teorie relativity (v roce 1920 přidává Lenin k Materialismu a empiriokriticismu pouze několikařádkovou předmluvu mířící na ruské soudruhy), může sloužit jako vzorová ukázka přesvědčení o totožnosti klasických představ o prostoru a čase s jedinou možnou a správnou interpretací skutečnosti.

<sup>84</sup>V. I. Lenin: Materialismus a empiriokriticismus. Praha 1952, s. 164.

<sup>85</sup>Tamtéž.

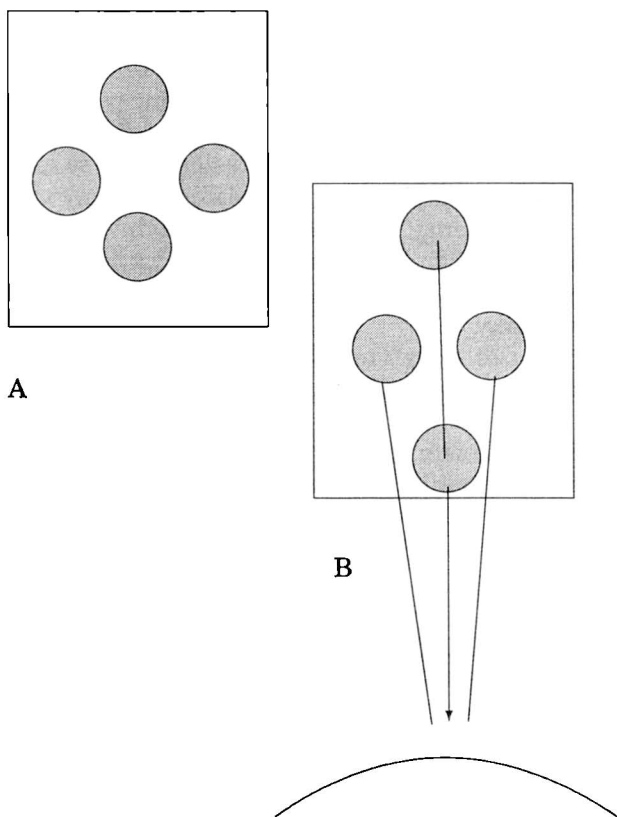
Ovšem i Einstein zaujímá naprosto odmítavý postoj vůči pozitivismu a samotnému Machovi, pokud jde o jeho filosofické závěry. (Na zasedání Francouzské filozofické společnosti Einstein měl hodnotit Macha slovy: to je ubohý filosof.<sup>86</sup>) Na druhé straně ale zdůrazňuje kladný vztah k Machově kritice newtonovského pojetí absolutního prostoru, která mu je výchozím bodem pro nové úvahy o prostoru a čase. S dalšími Machovými vývody však již zase nesouhlasí. Machův princip (svět se vysvětluje vzájemnou interakcí těles, nikoli jako u Newtona změnou rychlosti, či pohybového stavu těles) ano, machismus však ne. Sám Mach naopak nikdy neuznal teorii relativity a odmítal být považován za jistý impuls pro její vznik, či jakkoli jinak s ní být spojován.

Nesporným výchozím teoretickým bodem moderní kosmologie se přese všechno nakonec stává obecná teorie relativity formulovaná Einsteinem bezprostředně po konstituování speciální teorie relativity. Newtonovo pojetí gravitace jako síly, která momentálně a dočasně působí mezi dvěma či více tělesy, nahrazuje Einstein představou gravitace jako elementárního projevu prostoru a času s nimi bezprostředně spjatého. Uvedme si jeden z často při této příležitosti používaných příkladů myšlenkového experimentu, tzv. Einsteinovy zdviže.<sup>87</sup> Představme si, že ve výtahu, jehož lano je přestřižené, a který se tudíž ocitá ve volném pádu v gravitačním poli Země, máme čtyři tělesa bez jakéhokoli pevného spojení, rozmístěná do tvaru kosočtverce. Podle výsledků Galileových pokusů s volným pádem, které nám říkají, že rychlost pádu tělesa nezávisí na jejich hmotnosti, začnou naše tělesa tvořící vrcholy kosočtverce padat stejnou rychlostí, jakou padá i samotný výtah. To znamená, že počáteční tvar obrazce by se neměl změnit (obr. A).

---

<sup>86</sup>B. G. Kuzněcov: Einstein, život, smrt, nesmrtelnost. Praha 1984, s. 313–314.

<sup>87</sup>P. C. W. Davies: The Edge of Infinity. Londýn 1981 in J. Demaret: L'univers. Les théories cosmologiques contemporaines. Mail 1991, s. 39–40.



Ovšem Země není plochá a její zakřivení způsobuje, že dráhy horizontálně od sebe vzdálených těles se k sobě, jak směřují ke středu Země jako středu přitahování, přibližují. Těleso, které je nejnižší, se ocitá v nejsilnějším gravitačním poli — zcela podle Newtonova zákona o poklesu intenzity gravitačního pole se vzdáleností — a padá o něco rychleji a tento rozdíl roste s časem. Původní tvar kosočtverce se tak s časem mění. Postupně se protahuje a zplošťuje (obr. B). Příčiny, které



jsou odpovědné za deformování tvaru kosočtverce, je třeba hledat v nehomogenitě gravitačního pole — jazykem newtonovské fyziky: jedná se o slapové síly, tytéž, které jsou odpovědné například za příliv a odliv.

Protože těmto změnám podléhají všechna tělesa nezávisle na své hmotnosti či složení, není neodůvodněné předpokládat, že to, co nazýváme „gravitační silou“, je ve skutečnosti něco poněkud jiného, než síla v běžném smyslu slova. Zdá se mnohem přirozenější chápat ji jako vlastnost prostoru. Změny ve tvaru kosočtverce neznamenaají nic jiného, než pohyb v zakřiveném prostoru. Opustit myšlenku gravitace jako síly a nahradit ji popisem v jazyce geometrie, to je revoluční převrat znamenající počátek nové fyziky.

Věda počátku 20. století takto završuje historický vývoj našich představ o prostoru teorií, která **ztotožňuje fyziku a geometrii**.

Empirické potvrzení ideje zakřiveného prostoru přichází poměrně záhy po formulaci obecné teorie relativity. V roce 1919 je změřeno zakřivení světelných paprsků procházejících gravitačním polem Slunce a výsledky byly v dostatečném souhlasu s předpovědí OTR.

### Od Démokrita po Kanta

*Démokritos – Eukleides – Newton – Kant*  
prázdnota–abstrakt. prázdnota–absolut. prostor–apriorní prostor

#### A. proces „vyprazdňování“ pojmu prostor

věc  $\Rightarrow$  měření  $\Rightarrow$  abstrakce  $\Rightarrow$  konstrukce

### Od Riemana po Einsteina

*Rieman, Lobačevskij – Minkowski – Mach – Einstein*  
neeucl. geom.–jednotný prostoročas–konec absol. pros.–fyzikál. prostoročas

#### B. proces naplňování prázdné abstrakce (pojmu prostor)

konstrukce  $\Rightarrow$  aplikace  $\Rightarrow$  měření  $\Rightarrow$  realita

## Role matematiky v kosmologii

### *Matematika a kosmologická teorie*

Jakým způsobem a zda vůbec dokáže člověk svým rozumem zachytit řád světa — pokud nějaký existuje —, je otázka, která je přítomna (někdy jenom skrytě) ve všech filosofických systémech v průběhu celých dějin lidského myšlení. Tento obecný problém není vlastní pouze filosofickým úvahám, případně filosofujícím přírodovědcům, ale stále častěji se objevuje i jako fundamentální problém jednotlivých speciálních disciplín, když se jejich představitelé začnou zajímat o to, nakolik jsou jejich teorie pouhou pomůckou popisující a uspořádávající empirická data, nebo zda tatáž teorie může být adekvátním pojmovým vyjádřením skutečnosti.

Je to otázka, která se ve své obecnosti nemohla vyhnout samozřejmě ani moderní kosmologii v tomtéž okamžiku, kdy věda o vesmíru vystoupila ze stínu filosofie. Jakmile se zformulovaly první relativistické modely vesmíru (a tuto událost můžeme považovat za konstituování kosmologie jako samostatné vědy), objevila se i otázka oprávněnosti aplikace některých matematických idealizací na fyzikální realitu. Celou šíří otázky — která by mohla mít například podobu: Jak a zda vůbec matematické konstrukce vyjadřují objektivní skutečnost? — je možné v trochu zjednodušené podobě ilustrovat na Einsteinově vztahu k názorům třech filosofů (či filosofujících přírodovědců).

#### Einstein a

- Hume. Humeův skepticismus k poznání je pro Einsteina málo přijatelný, ovšem nikoli absolutně. Podle Einsteina je nutné být skeptický, ale ne k poznání vůbec, stačí skepse vůči jistým formám poznání, konkrétním teoriím; v Einsteinově případě je to skeptický vztah vůči Newtonově koncepci. Humeovu odpověď — že není možné z pozorovaných jevů odvodit obecné souvislosti (kauzální vztahy) — Einstein zmírňuje do podoby, podle které svobodně konstruujeme pojmy a z nich potom vy-

bíráme ty, které nejvíce odpovídají a vyhovují datům našeho pozorování.

- Kant. Zde je Einsteinův vztah zcela jednoznačný, totiž odmítavý. Odmítnutí se samozřejmě týká Kantova apriorismu v pojetí prostoru a času, jehož formulace byla podpořena jedinečností eukleidovské geometrie jako jediné možného popisu prostorových a časových vztahů. S formulacemi geometrií neeukleidovských ztratil ovšem apriorismus půdu pod nohama a nikdo z fyziků neměl zájem jej zachraňovat.

- Mach. V souladu se svým skeptickým postojem vůči Newtonovi přebírá Einstein Machovu kritiku Newtonovy koncepce absolutního prostoru, přijímá Machův princip (vše, co se děje, lze vysvětlit jako vzájemnou interakci těles ve vesmíru, nikoli změnou rychlosti tělesa vzhledem k absolutnímu prostoru), odmítá však Machovo filosofické zobecnění. Podle Einsteina tak vědomí svobodně tvoří nejrůznější logické a matematické konstrukce — tato svobodná tvorba je ovšem v mnohém podmíněna obecnými představami, které jsou opět výsledkem předcházející historické zkušenosti — a vzniklé hypotézy jsou následně konfrontovány se skutečností, tj. empirickým pozorováním. To samozřejmě předpokládá již dlouho před těmito úvahami přijmout ontologicko-gnoseologický postulát, že svět je řád postižitelný rozumem, že matematická konstrukce je jistým způsobem srovnatelná s fyzikálním experimentem. Jistá otevřenost tohoto vztahu a nedefinitivnost takto získaných poznatků je komplementární s neustálým ověřováním teorií s novými poznatky.

Následovníci Macha pokračující v pozitivistické linii jsou narozdíl od Einsteina přesvědčeni, že teoretické poznání v jakékoli vědě má minimální informativní hodnotu a že matematické a jiné teoretické konstrukce jsou pouhou konvencí, návrhem na popis skutečnosti. Tento návrh může mít libovolnou podobu, jedinou podmínkou je empirická verifikace tvrzení. Jako bychom se vraceli do dob svobodných úvah pythagorevců, kteří také zcela volně konstruovali různé modely světa a nezajímalo je, zda jejich stavebnice je adekvátním obrazem skutečnosti. Stačilo, aby popisovala pozorované jevy.

Neuzavřenost potvrzení teorie a nemožnost definitivní verifikace vede Poppera k jinému závěru. Není-li možné dosáh-

nout stoprocentní verifikace, protože nelze prověřit všechny jednotlivé případy obecného tvrzení, je principiálně mnohem jednodušší najít jeden jediný případ, který obecné tvrzení vyvrací. Nikoli tedy verifikace, ale falsifikace. A teorie, kterou nelze falsifikovat nebo která nemůže určit, jak by mohla být falsifikována, nemůže být považována za vědeckou. Jak přísná je tato podmínka pro kosmologii?

### *Falsifikace v kosmologii*

Všechny vědy včetně kosmologie prochází ve svém vlastním vývoji několika stadii: začínají *deskripcí*, konstatováním a popisem jevů, pokračují *explanací*, snahou pozorované vysvětlit a nakonec se dostávají k otázkám až *filosofickým*, když se ptají na podstaty, příčiny a smysl věcí. Zejména v poslední fázi vývoje, do které se kosmologie propracovala velmi rychle, vidí Jiří Bičák<sup>88</sup> oblast, ve které lze nalézt předpoklady a tvrzení, která jsou velmi nesnadno (nebo vůbec nejsou) falzifikovatelná či verifikovatelná. Přestože takovéto předpoklady je možné nalézt pravděpodobně v každé vědecké disciplíně, v případě kosmologie získávají jisté zvláštní postavení z důvodu unikátnosti předmětu kosmologie jako vědy. První nevyvratitelné (a neověřitelné) předpoklady se objevují již velmi brzy v dějinách filosofie v soupeřících podobách pythagorovského a aristotelovského přístupu k vytváření fungujících modelů světa. V současné kosmologii jsou tyto předpoklady formulovány jako princip unikátnosti a jeho protiklad princip extrapolovatelnosti. Dnešní kosmologický výzkum staví na předpokladu, že údaje zjištěné v pozemských laboratořích a pozorování dosažitelných oblastí vesmíru jsou aplikovatelné na celý vesmír. Věří se, že lokální fyzikální zákony lze v principu použít i pro oblasti vesmíru, které jsou nedostupné s pomocí přímých prostředků. Na druhou stranu je zřejmé — a to je jedna z význačností předmětu kosmologie jako vědy —, že Vesmír je (z definice) jediný, není ho s čím srovnávat, a tak není vyloučené, že existují specifické zákony, které se projevují jen v kosmologických měřících a jejich lokální důsledky jsou velmi slabé — mimo hranici na-

<sup>88</sup>J. Bičák: Kosmologie a vyvratitelnosti. Universum č. 11, Praha 1993, s. 1–5.

šich testovacích schopností, tj. nepotvrditelné i nevyvratitelné. K těmto možnostem patří například Einsteinova kosmologická konstanta, která se jako kometa čas od času vrací do úvah kosmologů, Machův princip, možnost změny základních fyzikálních veličin (pro nás konstant) v čase, aj.

Moderní kosmologie buduje své modely vesmíru na rozumném kompromisu mezi oběma přístupy. Všechny tyto modely vycházejí z kosmologického principu (principu uniformity), předpokládajícího homogenní a izotropní rozložení látky ve vesmíru, což je v dobré shodě s provedenými pozorováními a umožňuje to vyslovovat předpovědi i o oblastech, které se nacházejí za horizontem pozorovatele. Takovéto předpovědi jsou pak v některých případech — je-li tímto horizontem horizont událostí — principiálně nevyvratitelné a přesto jsou integrální součástí kosmologie jako vědy.

Nevyvratitelné předpoklady se však v žádném případě nomezují pouze na popisnou fázi vývoje vědy, v našem případě kosmologie. Jedním z pokusů o získání odpovědi na řadu *proč?* v kosmologii je aplikace principů kvantové mechaniky na vesmír jako celek. Ovšem všechny tyto pokusy jsou velmi mladé a mají ještě daleko do podoby teorií, na které je možné klást nároky jako ve vyzrálých případech. Navíc je velmi pravděpodobné, že i zde zůstane řada předpokladů principiálně nerozhodnutelných vzhledem k jedinečnosti tématu a jeho neuchopitelnosti jako celku.

Nikoho potom již nemůže překvapit, že nevyvratitelné předpoklady se zcela běžně objevují ve fázi vývoje vědy, která klade otázky po smyslu, či dokonce po záměru. V kosmologii se to týká zejména různých, zvláště silnějších forem antropického principu, který buduje svá vysvětlení na faktu existence inteligentního pozorovatele. I kdyby se snad někdy v budoucnu podařilo ukázat, že většina dříve uvedených tvrzení a předpokladů je přece jenom mnohem přístupnější ověření či vyvrácení, tvrzení v duchu antropického principu zůstanou provždy spekulací, protože se nemůžeme dozvědět, jaký by byl vesmír, kdybychom tu nebyli my.

*Matematika a kosmologická praxe*

Nechci na tomto místě dokazovat, že matematika v řadě ohledů formuje náš názor na svět, dovolím si toto předpokládat prozatím bez důkazu. Po této anticipaci mě spíše bude zajímat otázka, zda problémy, které naznačuje matematika v kosmologii a otázky, které klade a snaží se je odpovědět, jsou skutečnými reálnými problémy, které jsou závažné pro naše vidění světa, nebo zda jsou to jen hříčky pro uspokojení matematiků. I tato otázka se zdá být dnes již dopředu zodpovězena, ovšem při bližším pohledu na historii zejména relativistické kosmologie se ukazuje, že právě interpretace matematických řešení zásadních otázek světonázorového charakteru byla častým předmětem sporů, a pokud jde například o marxistickou filosofii 50. a 60. let dokonce jednou z příčin odmítání základních postulátů relativistické kosmologie jako idealistické buržoazní teorie, nepopisující reálný fyzikální svět, v tom lepším případě, či jako teorie pracující s ideou více či méně skrytého boha, to v případě horším.

Pomineme-li neeukleidovské geometrie, geometrii Minkowského a budeme-li se tedy věnovat pouze relativistické kosmologii, pak prvním momentem, kdy matematika výrazněji zasahuje do světonázorových otázek v této oblasti poznání, je Einsteinův pokus o popis vesmíru na základě čerstvě vybudované teorie relativity. Sporným místem se v Einsteinově koncepci stává tzv. kosmologický člen, jehož hlavní úlohou bylo kompenzovat gravitační síly vesmíru a udržet jej statický. Oprávnění jeho (kosmologického členu) existence nebylo v reálném světě, v empirických pozorováních, ale, snad s trochou nadšázky, v matematické estetice.

Zdá se tedy, že můžeme napsat první bod k tíži matematiky při řešení světonázorových otázek. Zde nás zavádí na falešnou cestu statického vesmíru, navíc v době, kdy myšlenka evoluce přírody, pro kosmologii znovuobjevená Kantem, si v ostatních přírodovědných oborech začíná získávat již pevné místo. Ovšem právě nespokojenost některých matematiků, nespokojenost se spekulativností kosmologického členu vedla k vytvoření dynamického obrazu vesmíru.

V žádném případě však nemám v úmyslu sčítat body pro a proti, chtěl jsem pouze naznačit, jaký okruh problémů mne bude v této části práce zajímat. Matematika, podle mého názoru, může v kosmologii, a zřejmě nejen v ní, obsadit tři základní sféry. Tou první je sféra, odkud může dodávat impulsy k dalšímu kvalitativně novému rozvoji daného oboru. Pro kosmologii byl například jedním z takovýchto impulsů vznik a formulace neeukleidovských geometrií, které se později významně podílely na řešení otázky konečnosti a nekonečnosti vesmíru v jednotlivých modelech, zejména ujasněním metrických a topologických charakteristik vesmíru; filosoficky: kvantitativních a kvalitativních vlastností prostoru, ať už reálného, či pouze modelovaného. A to už se matematika uplatňuje ve sféře druhé: řešení zásadních otázek světónázorového charakteru, kterých se objevila celá řada v souvislosti s relativistickými modely vesmíru. Vedle již zmíněné otázky konečnosti a nekonečnosti to byly například problémy reálné existence singularity, otázka homogenity a izotropie vesmíru apod. Třetí oblastí působnosti je ta sféra, kde matematika je používána jako rutinní nástroj. Z tohoto rozdělení je patrné, že mne vzhledem k danému tématu zajímá především druhá oblast, ovšem je stejně tak zřejmé, že hranice mezi jednotlivými sférami nejsou nijak pevné, spíše naopak.

Jedním z největších matematických impulsů pro relativistickou kosmologii byly již zmíněné Fridmanovy — a později i Lemaîtreovy — práce. (Za podobné impulsy můžeme považovat neeukleidovské geometrie ve vztahu k Einsteinovu obrazu vesmíru, s jistou dávkou nepřesnosti i rozvoj matematiky při budování Newtonovy koncepce, na jejímž základě vypracovávají své hypotézy Kant a Laplace.) V případě Fridmana to byla právě nespokojenost matematika, která vypustila spekulativní kosmologický člen z Einsteinových rovnic a vedla k jednomu z největších objevů relativistické kosmologie — rozpínání vesmíru.

I když údajně sám Fridman považoval svá řešení za pouhou matematickou hříčku, zanedlouho — v r. 1929 — je potvrdil astronom E. Hubble svými pozorováními vzájemného vzdalování galaxií, kterým za použití Dopplerova efektu dodal kosmologickou interpretaci. K dřívějším i soudobým objevům

„hrotem pera“ ( planeta, částice) přibyl jeden z nejdůležitějších. Současně však otevřel i éru sporů o fyzikální smysl matematických modelů vesmíru a oprávněnosti matematických idealizací a extrapolací.<sup>89</sup>

Jedním z nejčastějších témat těchto diskusí byla otázka konečnosti vesmíru, vyplývající z jednoho ze tří Fridmanových modelů. Konečný vesmír — podle představ budovaných na základě eukleidovské geometrie, přežívající však dlouho i vznik geometrií neeukleidovských, ve kterých konečnost byla ztotožněna s ohraničeností — byla nepřijatelná představa. Chyba však nebyla dlouho hledána analýzou kategoriálního aparátu (co to vlastně znamená „být konečný“, máme-li k dispozici několik typů geometrií?), ale v neoprávněnosti matematických idealizací výchozích předpokladů, zejména pak předpokladu homogenity a izotropie vesmíru. V rámci zmíněného pojetí konečnosti se totiž nebral ohled na tu skutečnost, že Fridmanovy modely jsou modely **metriky** vesmíru, tudíž vypovídají velmi málo nebo nic o jeho **topologii**. Až s pochopením této skutečnosti, s rozlišením konečnosti a ohraničenosti, s objevením kvalitativních a kvantitativních stránek prostoru se stal konečný vesmír jedním z přijatelných obrazů vesmíru a bylo možno budovat i takové modely, kde konečné a nekonečné mají relativní charakter (například Zelmanov).<sup>90</sup>

Podobně tomu bylo i s uznáním faktu singularity, které se odpíral fyzikální smysl, jelikož se předpokládalo, že je opět pouze důsledkem neoprávněných matematických idealizací, či extrapolací směrem do minulosti. K řešení této otázky však tentokrát ani nebylo nutné měnit chápání některých kategorií; stačilo zlepšení matematického aparátu a sama matematika podala důkaz, že singulární stav je nevyhnutelný, protože se ve výsledku relativistických rovnic objeví nezávisle na tom, jak jsou formulovány výchozí předpoklady. Jinými slovy: singularita je vlastní i vesmíru nehomogennímu a anizotropnímu. ( Penrose, Hawking). Avšak tím zdaleka nebyla vyřešena sa-

<sup>89</sup>Viz například: J. Demaret: *Univers. Les théories de la cosmologie contemporaine*, Le Mail 1991, A. Tursunov: *Filozofia a súčasná kozmológia*. Bratislava 1980, A. Tursunov: *Od mýtu k vědě*. Praha 1978.

<sup>90</sup>Metodologičeskij analiz teoretičeskich i eksperimentalnych osnovanij fiziki gravitacii. Kijev 1973, s. 152.



motná otázka homogenity a izotropie vesmíru, naopak byla vyhocena do podoby: jak to, že vesmír je tak dokonale homogenní a izotropní? Dostávám se tak k otázkám, které zde už v nějaké podobě zazněly a přestože se tak nevyhneme jistému opakování se, chtěl bych je představit i z této strany.

Kosmologii do této doby můžeme považovat za vědu z velké části empirickou. Staví své teorie na pozorováních, experimentech, resp. hypotézy se stávají teoriemi až po empirickém prověření — Hubbleovo pozorování vzdalování galaxií = nejdříve vypočítané rozpínání vesmíru, Penziasův a Wilsonův objev reliktního záření = homogenita a izotropie jako „aritmetický průměr rozložení hmoty ve vesmíru“ atd. Čím více se však současná kosmologie snaží vysvětlit okamžiky vývoje vesmíru těsně po singularitě, tím méně jí stačí i stále dokonalejší pozorovací technika a promyšlenější experimenty. I když samozřejmě i nadále se bez nich nemůže obejít. Zlom však spočívá v tom, že řadu hypotéz nelze doposud obvyklými prostředky z principiálních důvodů empiricky ověřit. Takový ověřovací experiment by totiž svou látkovou a energetickou náročností přesáhl fyzické možnosti celé sluneční soustavy. Matematika se tak stává jedním z nejdůležitějších a nezastupitelných nástrojů poznávání raných fází vývoje vesmíru; nejvíce patrná je pak tato skutečnost v inflační teorii vesmíru a teorii GUT (velkého sjednocení). Otázka dokonalé homogenity a izotropie vesmíru vedla k teorii, která ji řeší tzv. érou inflace = velmi rychlým (exponenciálním) rozfouknutím kondenzovaného vesmíru do dnešních měřítek a poté již normálním rozpínáním. K popisu inflace a ještě ranějších fází je třeba teorii velkého sjednocení, resp. supersjednocení.<sup>91</sup> A podle slov samotných fyziků je toto otázka zejména matematických schopností a dovedností řešitelů. Význam objasnění této fáze vývoje vesmíru není pouze v ukojení lidské zvědavosti, ale, podobně jako v případě konečnosti a nekonečnosti vesmíru, bude mít velmi pravděpodobně důsledky pro pojmovou výbavu, kterou se snažíme tento vesmír uchopit.

---

<sup>91</sup>X. T. Trinh: Les paramètres de l'Univers. La Recherche, č. 162, 1985, s. 53–63.

*Dva typy objektivit*

Jako příklad mnohem obecnějšího pohledu ze strany samotného fyzika mohou posloužit úvahy Bernarda d'Espagnat,<sup>92</sup> jehož práce se v podstatné míře soustřeďují na naše možnosti zachycení skutečnosti z pohledu fyziky.

Podstatná část díla Bernarda d'Espagnat by se dala charakterizovat názvem jedné jeho knihy: Hledání skutečnosti. Může nebo nemůže současná fyzika potvrdit či vyvrátit existenci nezávislé skutečnosti přístupné našemu poznání? Do jaké míry je sdělení fyziky v tomto ohledu legitimní? Samotná otázka — skutečnost, její nezávislost a přístupnost našemu poznání — není samozřejmě nikterak nová, naopak, provází celé dějiny filosofie a vědy od samých jejich počátků. S každým novým zásadním poznatkem je však třeba ji opět klást a hledat odpovědi ve světle nových údajů a dříve neznámých informací. S ohledem na výsledky současné fyziky, se Espagnat snaží ujmout tohoto úkolu a ukázat, co je možné očekávat od dnešních fyzikálních teorií, jaká očekávání naopak fyzika nikdy nemůže splnit a nakolik jsou některé filosofické směry s těmito představami v souladu.

Při svém hledání skutečnosti se Espagnat postupně dostává k tomu, že rozlišuje nikoli dva významy pojmu skutečnost (la réalité), ale vychází z představy dvou skutečností. První je skutečnost nezávislá (le réel indépendant), je to svět „sám o sobě“. Tato skutečnost je člověku vzdálená a zastřená (le réel voilé). Druhá skutečnost je empirická, k ní člověk proniká stále intenzivněji s rozvojem vědy (le réel empirique). O podobnosti s Kantovým světem věcí o sobě a světem věcí pro nás by se dalo hovořit pouze na první pohled. Ve skutečnosti není hranice vedená Espagnatem vůbec tak striktní, je velmi rozmazaná, nejasná a zdaleka ne nepřekonatelná.

Espagnat se v tomto bodě necítí být ani pozitivistou, který s odmítáním metafyziky zavrhuje skutečnost nezávislou a odmítá o ní vůbec uvažovat, ani realistou, přísahajícím na skutečnost jako takovou, ale snaží se ve svém díle neustále poukazovat na to, jak nás dnešní vědy nutí přijmout dualitu bytí a fenoménu.

---

<sup>92</sup>B. Espagnat: *Penser la science ou les enjeux du savoir*. Paris 1990.

Espagnat jako fyzik nehodlá v žádném případě zpochybňovat empirickou skutečnost, dokud k tomu nejsou dostatečné důvody. Právě na empirické zkušenosti a konstrukcích z ní vycházejících staví vlastní argumentaci. Použití slova „nejistá“ vyhrazuje pro skutečnost nezávislou, ovšem i v tomto případě není „nejisté“ zpochybněním věci samé, ale spíše vlastností a charakteristik, které jí člověk připisuje. Tak jako v přišerí nejsou nejisté temné věci, do nichž narážíme, ale spíše stíny, které vrhají.

Ve shodě se svým pojetím dvojí skutečnosti, hovoří Espagnat i o dvojí objektivitě. Rozeznává objektivitu silnou (*l'objectivité forte*), která je přiřazena nezávislé skutečnosti, a objektivitu slabou (*l'objectivité faible*), která je vlastní skutečnosti empirické a tedy i současné fyzice.

## Poznatelnost vesmíru

### *Empirie a teorie*

Připomeňme si případ Aristotela a jeho důkazu geocentrismu vedeného z pozic empirických pozorování. Jestliže se později ukázal geocentrismus jako chybný názor, znamená to, že empirické prostředky, které převážně vedly Aristotela k jeho formulaci, jsou neadekvátní kosmologickému předmětu? Jinými slovy, je kosmologie vědou teoretickou, nebo empirickou; použití jakých prostředků je oprávněné?

Kosmologie má mimo jiné i tu zvláštnost, že je budována — zejména ve svých počátečních fázích — převážně již na hotových teoretických tvrzeních (moderní kosmologie na STR a OTR, antická na mytologii), která jsou samozřejmě výsledkem jiných oborů a empirická pozorování slouží víceméně jen na dokreslení, upřesnění, potvrzení či vyvrácení stávajících teoretických modelů.

Budeme-li za empirickou vědu považovat takovou disciplínu, která je schopna na základě svých výpovědí, jež se opírají především o zkušenost a pozorování, předpovídat některé budoucí události, pak můžeme i kosmologii označit za vědu empirickou. (Přestože některé předpovědi mají takový časový rozměr, že jejich verifikace je lidskému rodu bezprostředním pozorováním nedosažitelná (kromě jiných důvodů)). Ovšem jestliže budeme za jedno ze základních kritérií empirické vědy považovat reálnou možnost experimentu, je zřejmé, že kosmologie (ani současná, tím spíše jakákoli dřívější) tomuto kritériu neodpovídá.<sup>93</sup>

---

<sup>93</sup>Není ale vyloučené, že se v budoucnosti může stát vědou empirickou i z tohoto hlediska, ovšem požadavky na materiální zabezpečení možného experimentu — technická zařízení a zdroje energie by byly srovnatelné s objekty typu galaxie — zůstanou asi nesplnitelné. Současná věda je nucena vystačit s ověřením dílčích důsledků komplexních fyzikálních a kosmologických teorií.

*Sjednocovací teorie*

Jednotná teorie všeho — mýtus, náboženství, filosofické systémy, moderní ideologie s politickými světovládnými ambicemi, ale i dějiny přírodních věd, zejména fyziky a její nej-současnější podoby — zde všude se můžeme setkat s pokusy o jednotný a ucelený výklad celého univerza, postižení podstaty, hledání počátku. Budeme-li sledovat spíše přírodovědnou stránku problému můžeme za jednotnou teorii (nebo přesněji pokus o ni) považovat každou ontologickou koncepci. Mohli bychom tak procházet dějinami počínaje Tháletem a poukazovat na to, jak jednotlivé pokusy jsou vlastně snahou o vysvětlení světa vcelku.

Mluvíme-li však dnes o sjednocovacích teoriích, nemáme na mysli pouze to, že se pokouší jednotným způsobem vyložit různá většinou empirická fakta a pozorování, což je v podstatě účelem každé teorie, ale jde o to, aby nový obecnější výklad byl schopen v sobě zahrnout dosavadní teoretické koncepce, které doposud existovaly nezávisle vedle sebe (ať už si konkurovaly nebo ne). Tento typ sjednocování může být doprovázen i značnými změnami v pohledu na svět, zejména pokud sledujeme představy o postavení člověka ve vesmíru.

**První případ** velkého sjednocování v tomto smyslu (se dnes zřejmým, v tehdejší době však těžko uvědomovaným protiantropocentrickým akcentem) bychom v dějinách přírodovědy mohli ohraničit jmény Koperník — Newton. Koperníkův heliocentrický systém se postavil do ostrého nesouladu s vládnoucí aristotelovskou fyzikou, a i proto zůstával dlouho pouze hypotézou. Důležitý krok učinil Galileo, který, protože přesvědčen o správnosti nového geometrického systému, hledal východisko v přepracování fyziky. Kepler, který odstranil přežívající nedostatky v Koperníkově systému (Ptolemaiovy epicykly jako důsledek představy, že planety se pohybují v ideálních kruhových drahách) nalezením skutečných drah planet, přispěl ke „kacířské“ myšlence o nepriviléovanosti Země a člověka ve vesmíru a Bruno tak opouští další centristickou představu o našem místě v kosmu, i když tentokrát nepřichází o své výsadní postavení ve středu vesmíru Země, ale Slunce, které se navíc stává jednou z mnoha hvězd v nekonečnu.

Stále však platí Koperník a Kepler na nebi a Galileo na zemi, stále ještě přežívá Aristotelův svět sublunární a supra-lunární. Završující čin této první unifikace činí Newton formulací gravitačního zákona, který popisuje jak jevy pozemské, tak i pohyby nebeské a fyzika je opět na jistý čas jedna. Touto sjednocovací etapou přišel člověk o iluzi hned několika privilegií. Země již nebyla nehybná uprostřed vesmíru, okolo ní již nebyla neměnná (tato doba je svědkem výbuchu supernovy) sféra stálic, neplatí na ní zvláštní fyzikální zákony, ale naopak Země je podřízena univerzálním zákonům vesmíru.<sup>94</sup>

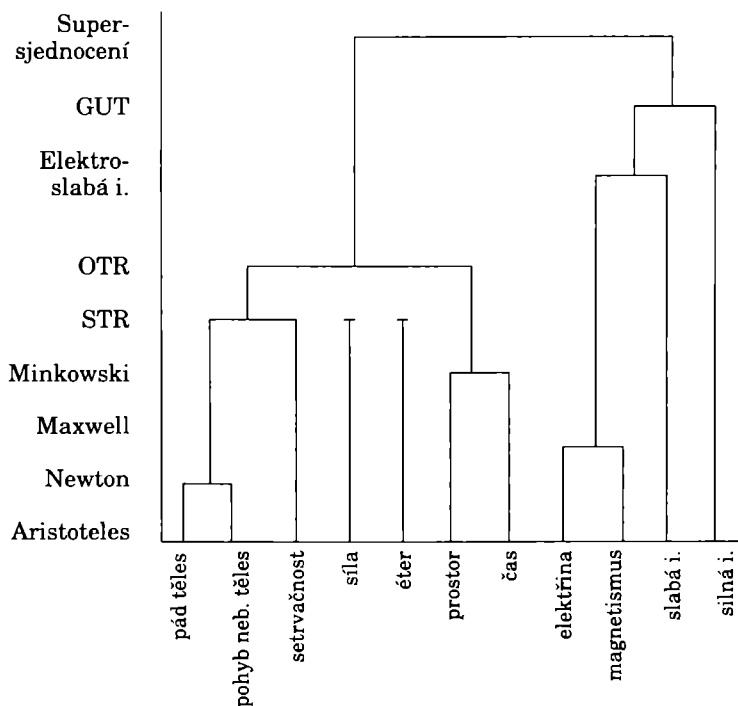
**Ke druhé vlně** sjednocování dochází ve druhé polovině 19. století. Samozřejmě, že nemám v úmyslu zabývat se všemi syntetickými teoriemi, dokonce ani ne všemi ve fyzice, pouze připomenu Maxwellovu teorii elektromagnetického pole, která tvořila předstupeň k pozdějšímu sjednocování spojenému se jménem především A. Einsteina. Nutnost uvést do souladu už ne pouze dvě vedle sebe stojící (jako tomu bylo v případě Galilea a Koperníka) teorie, ale dva rozdílné přístupy ke světu — pohled klasické mechaniky budující na absolutních entitách a názorném světě lidských smyslů a koncepcí světa nenázorného, nesmyslového, světa částic, vysokých rychlostí, polí — má za následek opuštění další antropocentrické pozice. Z dalekosáhlých důsledků této syntézy, jejímž výsledkem byla speciální a posléze obecná teorie relativity, (tj. zavržení myšlenky éteru jako prvku absolutní vztažné soustavy, poznatek o konstantní a mezní rychlosti světla, jednota gravitačního a setrvačného zrychlení, idea časoprostorového kontinua) bych zde chtěl zdůraznit to, že člověk musí opustit pozici vesmírného „časoměřiče“, „rychloměřiče“ apod., tj. musí se vzdát představy existence a použitelnosti absolutní vztažné soustavy a přijmout myšlenku, že pozemský pohled na čas, prostor, pohyb, rychlosti je pohled jednoho z nekonečně mnoha teoreticky možných pozorovatelů ve vesmíru.<sup>95</sup>

**Dobu třetí vlny** sjednocování právě prožíváme. Během dvacátého století se fyzika ustálila na čtyřech fundamentálních interakcích (gravitační, elektromagnetické, jaderné silné

<sup>94</sup>J. Grygar, Z. Horský, P. Mayer: *Vesmír*. Praha 1979, s. 391–393.

<sup>95</sup>R. P. Feynman, R. Leighton, M. Sands: *Feynmanove přednášky z fyziky*. Bratislava 1980, J. Horský: *Úvod do teorie relativity*. Praha 1975.

a slabé) a současnost je poznamenána usilovnou snahou najít teorii, které by se podařilo tyto čtyři základní interakce sjednotit. Dílčího úspěchu bylo dosaženo v průběhu 70. let, kdy byla zformulována teorie elektroslabé interakce (Weinberg, Glashow, Salam — Nobelova cena, teorie potvrzena objevem intermediárních bosonů), na řadě je GUT (Grand Unification Theory) teorie velkého sjednocení, která přibere i interakci silnou a jakmile se to bude týkat i interakce gravitační (super-sjednocení), jeden z velkých snů fyziků bude naplněn.<sup>96</sup>



Zdá se, že se zde opět objevil náznak toho, že obraz světa rozdrobený v jednotlivé empirické zkušenosti vykazuje poměrně silné tendence k antropocentrismu, či snad přesněji k jeho ně-

<sup>96</sup>S. W. Hawking: *Stručné dějiny času*. Praha 1991, G. Gamow: *Pan Tompkins v říši divů*. Praha 1986.

kterým podobám. To se ostatně pokouším naznačit předcházejícím náčrtekem, i když je zřejmé, že ani racionalistický přístup ke světu (sjednocovací teorie) nemusí zůstat a také nezůstává bez jiných antropocentrických iluzí, či dokonce vytváří nové.

### *Nesmyslné otázky*

„Devons-nous essayer de remonter plus loin que l'atome primitif?“<sup>97</sup> je otázkou, která je podstatou všech úvah o počáteční singularitě.<sup>98</sup> Řekneme-li, že singularita znamená časový počátek vesmíru, laik (a nejen on) se okamžitě zeptá, co bylo předtím. Podobná otázka zazní i v souvislosti s prostorem: kam se vesmír rozpíná, co je za jeho hranicemi atd. Fyzikové odpovídali (dnes již je to téměř historie, i když kapitola ne ještě definitivně uzavřená) na takovéto otázky několika způsoby.

1. Je-li singularita chápána jako absolutní počátek, který má statut nikoliv pouze matematické abstrakce, ale i fyzikální reality, je tato singularita i počátkem času a nemá pak smysl se ptát, co bylo před, protože před ní nebyl čas a veškerá časová určení ztrácejí svůj význam. Podobně i s prostorem. Konečný uzavřený vesmír je neohraničený, nemá hranice, nemá tedy smysl se ptát, co je za nimi.<sup>99</sup> (Pro filosofii se tu objevuje problém nesmyslných otázek — viz dále — a fyzikové se při této příležitosti často dovolávají sv. Augustina,<sup>100</sup> který, když měl odpovědět na otázku, co dělal Bůh před stvořením světa, prý řekl: „Bůh buď neexistoval, nebo dělal peklo pro hlupáky, kteří kladou podobné otázky.“<sup>101</sup>)

---

<sup>97</sup>Je možné se dostat dál než k praatomu? G. Lemaître: *Rayons cosmiques et cosmologie*. Louvain 1949, s. 36.

<sup>98</sup>Z bohaté literatury týkající se problému singularity je možné připomenout R. Penrose: *Singularities in Cosmology in Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*. Symposium IAU, č. 63, Dordrecht 1974, s. 263–273, S. Hawking: *Une brève histoire du temps: du big bang aux trous noirs*. Paříž 1989, V. Ullmann: *Gravitace, černé díry a fyzika prostoročasu*. Ostrava 1986.

<sup>99</sup>A. Tursunov: *Od mýtu k vědě*. Praha 1978, s. 109–122.

<sup>100</sup>Aniž by však nutně byli na stejných pozicích jako například E. A. Milne: *Modern Cosmology and Christian Idea of God*. Oxford 1950.

<sup>101</sup>E. I. Parnov: *Na křižovatce nekonečna*. Praha 1974, s. 58–584. I. Tretera v *Dějínách filosofie*, díl II. Praha 1986 uvádí Augustinovu odpověď v podobě: „Bůh v oné době připravoval peklo pro vyzvědače svých tajemství.“ s. 27. Dále



2. V extrémních podmínkách singularity došlo i ke změnám časoprostorových forem a nelze zde uplatnit časové a prostorové pojmy odvozené z našeho makrosvěta. Časová a prostorová určení zde opět ztrácejí svůj smysl.<sup>102</sup>

3. V konečném čase se odehrálo nekonečné množství událostí (ovšem pouze v případě, že čas je spojitý; má-li diskrétní povahu, bude i množství událostí konečné). Budeme-li však chápat čas jako míru změny materiálních procesů = událostí, nelze jim připisovat charakteristiky zásadně odlišného významu a zdánlivě kompromisní odpověď se stane vnitřně kontroverzní. (Řekneme-li: nekonečně mnoho oběhů Země kolem Slunce, znamená to nekonečně mnoho let, času. Čas je pouze jiným vyjádřením pohybu, množství událostí, materiálního děje.)

4. Stávající teorie není schopna jev, jako je singularita, vysvětlit, a tak nelze na uvedené otázky odpovědět. S odpovědí je třeba počkat na teorii novou, která bude brát v úvahu kvantové jevy v superhustých stavech hmoty, například kvantová teorie gravitace, teorie GUT (velkého sjednocení).

Kromě toho, že veškeré tyto otázky jsou tradičními tématy filosofie, jejichž řešení dnes ovšem přebírá fyzika, neboť disponuje (bude disponovat) prostředky k jejich zodpovězení, mají svou filosofickou dimenzi (a filosofové tedy i jisté oprávnění o nich uvažovat) také proto, že poskytují nemalou inspiraci pro rozvoj filosofie a obohacují náš obraz světa. Jednou z takových inspirací může být i problém nesmyslných otázek.

Co je to „*nesmyslná otázka*“? Vydeme-li z toho, že smysl je jedním z bližších určení nějakého vztahu — v našem případě vztahu teorie (relativistické kosmologie) a nároků (otázek) na ni kladených — pak nesmyslná otázka znamená nerespektování či deformaci tohoto vztahu kladením neodpovídajících požadavků. Můžeme potom rozeznávat několik typů nesmyslných otázek:

*Absolutně nesmyslné*, na které nelze principiálně odpovědět, protože jejich nesmyslnost je dána vztahem k jejich vlastnímu obsahu. Je možno je nazvat také tautologicky nesmyslné.

---

z textu vyplývá, že Augustin hovoří o stvoření světa Bohem ne v čase, ale s časem.

<sup>102</sup>A. Tursunov: Od mýtu k vědě. Praha 1978, s. 109–122.

Příkladem tautologicky nesmyslné otázky může být dotaz „co je za hranicemi vesmíru“, jestliže vesmír chápeme jako vše, co existuje; jako svět, i když třeba konečný, tak neohraničený.

*Relativně nesmyslné*, na které nelze odpovědět prostředky dané teorie, jejich nesmyslnost vyplývá ze vztahu k teorii, v jejímž rámci jsou nezodpověditelné. Tyto otázky můžeme dále dělit podle toho, kterými prostředky teorie nemůže odpovědět. Je možné rozlišovat otázky teoreticky nesmyslné, které směřují zcela mimo rámec teorie, a ta tudíž nedisponuje prostředky k formulaci adekvátní odpovědi, a empiricky nesmyslné, na něž nelze odpovědět pouze empirickými prostředky.<sup>103</sup> Z toho je patrné, že teoreticky nesmyslná otázka nemá ani své empirické oprávnění v dané teorii, ovšem empiricky nesmyslná může mít oprávnění teoretické. S tímto typem otázek (empiricky nesmyslnými s teoretickým významem) se poměrně často (spolu s absolutně nesmyslnými) setkáváme právě v kosmologii, kde řadu teoreticky oprávněných tvrzení nelze empiricky ověřit z principiálních důvodů; podmínky k reálnému experimentu přesahují mnohonásobně například látkové a energetické možnosti celé sluneční soustavy.<sup>104</sup>

Filosofie si nemůže nárokovat právo posledního slova při výběru z uvedených odpovědí, jak nám je podávají fyzikové, ale z uvedeného rozboru vyplývá, že filosoficky nejpřitažlivější je odpověď čtvrtá, tedy konstatování, že zmíněné otázky získají (mohou získat) svůj smysl vytvořením nové teorie. A je více než pravděpodobné, že v této nové teorii najde své místo i tvrzení o kvalitativních změnách času a prostoru v podmínkách singularity.

<sup>103</sup>Podobnost s Carnapovou klasifikací vět je zde pouze vnější. Nesmyslná otázka není totéž co podle Carnapa nesmyslná věta, která pouze budí zdání věty a jejíž verifikace by byla absurdní. Nesmyslné otázky jsou plnohodnotné věty, které nepostrádají význam, ovšem tento se míjí s teoretickým konceptem, kterému je tato otázka určena a je v tomto konceptu nezodpověditelná. Podle Carnapova dělení by tedy tyto otázky spadaly spíše do okruhu vět smysluprostých, které jsou neverifikovatelné.

<sup>104</sup>Srov. A. Tursunov: Osnovaniya fizičeskoj kosmologii in *Filosofija i osnovaniya jestěstvennych nauk*. Moskva 1981, s. 74–106.

*Horizonty poznání*

V běžném jazyce pojem horizontu označuje hranici, která dělí svět na dvě části: oblast dostupnou okamžitému pozorování, a oblast pozorovateli nepřístupnou z daného místa. Chceme-li změnit svůj horizont na Zemi, stačí, abychom změnili své pozorovací stanoviště, jinými slovy, horizont (jeho vymezení) je do velké míry v moci pozorovatele. Pojmy horizontu, jak se ho užívá v kosmologii a v běžném jazyce, mají společné však jen to, že jsou určitou hranicí. Způsoby jejího vymezení jsou již však podstatně rozdílné.

Jedním ze základních typů horizontu v kosmologických teoriích je **horizont událostí**, který nachází své uplatnění v poněkud svéráznější teorii steady-state (stálého stavu) nebo v teoriích popisujících extrémní stavy hmoty v prostředí a okolí černých děr. Horizont událostí je výsledkem takového souběhu podmínek, kdy signál, který by měl zprostředkovat vztah mezi objektem a pozorovatelem, by musel vyvinut rychlost vyšší než je rychlost světla, aby překonal bariéry (extrémní gravitace černé díry, pohyb zdroje v expandujícím, avšak stále stejně hustém vesmíru), které mu brání opustit místo události, o níž by nesl informaci k pozorovateli. Tato rychlost je zřejmě pro materiální objekty nedosažitelná, a tak můžeme říci, že horizont událostí je taková mez, časoprostorová hyperplocha, která odděluje události, jež byly, jsou a budou pozorovatelné, od událostí, které z uvedených důvodů zůstanou principiálně nepozorovatelné.

Druhým typem horizontu je **horizont částic**. Toto pojetí horizontu je vlastní především relativistickým modelům, tj. modelům, které popisují vesmír jako expandující z počáteční singularity. Pozorovatel a objekt ve vesmíru se podle těchto modelů neustále vzdalují (bereme-li v úvahu kosmologická měřítká), rychlost vzdalování roste s časem, nepřesáhne však rychlost světla.<sup>105</sup>

Jakýkoliv signál z libovolného objektu dorazí k pozorovateli až po jistém intervalu (jeho velikost je přímoúměrná vzdálenosti objektu a pozorovatele). Maximální vzdálenost, odkud k nám mohl za známých podmínek (stáří vesmíru, mezní rych-

<sup>105</sup>O. Obůrka: Horizont vesmíru. Říše hvězd, č. 4, 1983, s. 70–71.

lost světla) dospět jakýkoliv signál, je vzdálenost horizontu částic. Je zřejmé, že tato vzdálenost se s časem zvětšuje. Horizont částic je tedy taková plocha, která odděluje pozorovateli částice, které se staly pozorovatelnými do jistého okamžiku (tj. překročily horizont), od částic, které jsou dosud nepozorovatelné (horizont překročí až v budoucnosti).

Zásadní rozdíl mezi oběma horizonty spočívá z hlediska filosofie v problému poznatelnosti. Pro pozorovatele, jehož jediným horizontem by byl horizont částic, by v podstatě neexistovaly ve vesmíru takové události, které by se jednou nemohly stát objektem poznání. Byla by to jen otázka vzdálenosti objektu, tj. otázka času, kdy by o daném jevu mohl získat informace. Reálný vesmír však kombinuje různé horizonty, a tak pozorovatel skutečného vesmíru má situaci poněkud složitější. I on má samozřejmě svůj horizont částic a signály od různých vzdálených objektů k němu putují různě dlouho, ovšem navíc v oblasti vymezené tímto horizontem existují enklávy, jejichž hranice tvoří horizont událostí. Takovými objekty jsou například tělesa s extrémní hmotností uzavřená pod Schwarzschildovým poloměrem (černé díry). Poznatelný vesmír v sobě ukrývá nepoznatelné děje, události. Jaký je jejich charakter?

Je zřejmé, že myšlenka problematizace teze o poznatelnosti světa není výplodem prosté spekulace, ale důsledkem zvláštností časoprostorové struktury našeho vesmíru, resp. některých jeho objektů. Horizont událostí totiž vymezuje oblast jevů nepozorovatelných z důvodů principiální nedosažitelnosti únikové rychlosti pro částice existující pod (za) tímto horizontem. Abychom se mohli cokoli dovědět o jakékoliv události odehrávající se pod tímto horizontem, musel by „posel“ této zprávy překonat rychlost světla, aby se dokázal odpoutat od místa děje a dostat se do kontaktu s pozorovatelem stojícím vně tohoto horizontu (s námi). Je-li však v našem světě rychlost světla rychlostí limitující, pak je také maximem pro realizaci jakéhokoliv vztahu a je jasné, že mezi pozorovatelem a událostí, vzájemně oddělených zmíněným horizontem, žádný vztah — tedy ani poznávací — se nemůže uskutečnit. Z těchto řádků můžeme vyvodit následující závěry:

1. Je-li vyloučen jakýkoliv vztah včetně vztahu poznávajícího, nezbyvá nám než se „smířit“ s tím, že události, jež se ode-

hrávají pod tímto horizontem, zůstanou pro nás nepoznatelné. (Poté se ještě můžeme zeptat, zda je tento typ nepoznatelnosti v našem světě něčím zcela novým. Je pravděpodobné, že se například v dějinách evoluce života odehrály události, které jsou již pro nás nedosažitelné. Současně je však třeba mít na paměti, že tato nepoznatelnost necharakterizuje celý svět, ale je časově a prostorově omezená. Týká se pouze některých objektů, resp. událostí odehrávajících se v rámci těchto objektů, a dále se týká pouze určité fáze vývoje těchto objektů. A v žádném případě nelze tuto nepoznatelnost ontologizovat, neboť nevyplývá pouze z povahy samotných objektů, ale z povahy našeho vztahu k nim).

2. Je třeba si uvědomit, že jsme zmíněnou nepoznatelnost odvodili z ne pozorovatelnosti některých událostí. Otázka pak bude znít, zda nepozorovatelnost — empirická záležitost — znamená vždy nutně nepoznatelnost i teoretickou. Je zřejmé, že tomu tak nebude, a my tak můžeme hledat východisko v tvrzení, že se jedná o nepoznatelnost empirickou, která nevylučuje teoretické poznání. Zde se však můžeme setkat s námitkou, na kolik je teoretické poznání zcela odtržené od empirie ještě poznáním a nakolik je to již jen prázdná spekulace.

3. Další řešení nám nabízí předpoklad existence tachyonů — částic, které by se pohybovaly nadsvětelnou rychlostí. Potvrzení pravdivosti tohoto předpokladu by znamenalo, že podmíněnost poznání, která je dána limitující rychlostí světla, by se stala překonanou záležitostí. Samozřejmě i zde můžeme vyslovit námitku. Při určení mezní rychlosti pro šíření signálů principiálně není důležitá číselná hodnota této hranice, ale je podstatné to, že tato hranice existuje. Zda bude určena rychlostí fotonů, nebo tachyonů, není v tomto případě významné. A kdybychom odmítli existenci této hranice, zřejmě by to znamenalo, že se vracíme k Newtonovi a jeho myšlence absolutní simultánnosti, nekonečně rychlému, okamžitému působení na dálku — a s tím souvisejícím absolutním časem ( a v důsledcích pak celou Newtonovou koncepcí absolutních entit).

### *Poznatelný vesmír je nepoznatelný*

V předcházející části byla nabídnuta řešení víceméně fyzikální, náznak filosofické odpovědi by mohl snad vypadat takto:

Kategorie poznatelné a nepoznatelné v celém svém i dnes používaném významu vznikly mnohem dříve, než byly k dispozici současné poznatky z kosmologie a teoretické fyziky. Jejich použití také nebylo nijak problematické; byly odvozeny ze světa dostupného lidským smyslem a představám, ze světa, který bylo možno popisovat polaritami konečný-nekonečný, spojitý-přetržitý apod., jež byly chápány absolutně. Ovšem při přechodu našeho poznání z makrosvěta na kvalitativně jinou úroveň organizace materiální skutečnosti, na úroveň mikro- a megasvěta, se začala projevovat nedostatečnost absolutního chápání těchto protikladů, ba snad dokonce nepatřičnost použití těchto pojmů ve zmíněných oblastech, kde se používají pouze proto, že nic lepšího po ruce nemáme. Dnes již nikdo nepochybuje o relativnosti ve vztazích spojitého a diskrétního, možná i konečného a nekonečného; proč by se tedy toto pojetí mělo vyhnout doposud absolutně chápanému vztahu poznatelného a nepoznatelného? Relativizace pojetí poznatelnosti a nepoznatelnosti by samozřejmě neřešila jen tento jediný případ, ale mohla by pomoci při osvětlení dalšího problému v kosmologii (filosofického problému v kosmologii, nikoliv problému kosmologie), kterým se stala po formulování teorie inflačního vesmíru otázka poznatelnosti ve vztahu ke kosmologickému principu.

Kosmologický princip byl zformulován jako předpoklad, že vesmír je homogenní a izotropní, předpoklad, který se kromě několika těžkostí osvědčil jako velice plodný. (Dnes pozorovatelná část vesmíru má rozměr  $10^{28}$  cm. V měřítku  $10^{26}$  cm a větším je vesmír homogenní, v měřítcích menších je nehomogenní). Je-li rozložení hmoty ve vesmíru rovnoměrné (homogenní) a není-li žádný směr a bod v prostoru preferován (izotropie), můžeme z toho vyvodit následující závěr: je-li vesmír poznatelný zde, je teoreticky poznatelný i kdekoli jinde a celý vesmír je tak poznatelný.

Původně byl kosmologický princip chápán především ve smyslu výchozího předpokladu. Znamenalo to, že se vesmíru nevnucuje žádný predikát a kosmologický princip slouží především jako princip heuristický.

Důsledné uplatnění kosmologického principu má však nezanedbatelné důsledky pro výchozí tvrzení o poznatelnosti ves-

míru. S rostoucí dokonalostí pozorovacích technik astronomie se totiž ukázalo, že vesmír až **příliš dokonale** odpovídá tomuto principu, že je homogenní více, než teoretikové očekávali, že mj. má stejné vlastnosti i v oblastech od sebe vzájemně vzdálených natolik, že nikdy za celou dobu trvání našeho vesmíru (a při platné zákonitosti konstantní rychlosti šíření světla) se ještě nemohli kontaktovat, předat si žádnou informaci, a my ji tam přesto nacházíme. Potvrzuje se tím sice kosmologický princip, ale nevysvětluje se tím příčina: proč je vesmír tak dokonale homogenní a izotropní.<sup>106</sup>

Objasnění přechází do oblasti teoretického poznání a vzniká **teorie inflačního vesmíru**. Jestliže není možné vysvětlit způsob předání informace, kterou nalézáme v různých oblastech a která tak předána být musela, ze stavu dnes pozorovaného, je nutné hledat teoretické vysvětlení v minulých stavech vývoje vesmíru. Dostáváme se tak do velmi raných fází jeho vývoje (do doby  $10^{-43}$  s vzdálené od velkého třesku), kdy dochází k tzv. velkému nafukování, či éře inflace, čímž je označován proces, při kterém vesmír zvětšuje své rozměry asi o 40–50 řádů. Tímto způsobem se informace původně koncentrovaná v malém objemu omezeném tzv. **kauzálním horizontem** (hranice vymežující oblast, ve které je fyzikálně možný přenos informace, je možné kauzální působení) „rozfoukne“ do oblastí svým objemem převyšující dnes pozorovatelný vesmír.<sup>107</sup> Vysvětluje se tak homogenita a izotropie našeho vesmíru, ale současně vzniká i představa vesmíru pluralistického, který složen z částí vzniklých z ostatních oblastí omezených kauzálním horizontem, tedy z oblastí, jejichž vlastnosti se mohou podstatně lišit od vlastností našeho vesmíru a všech jiných. Zůstává tak v platnosti tvrzení, že náš vesmír je poznatelný, ale ostatní domény (či bubliny) jsou nepoznatelné, protože to, co bylo ohraničeno kauzálním horizontem se vyvinulo ve zcela odlišné světy, světy osobitých fyzikálních vlastností a zákonitostí, světy, mezi kterými není žádné spojení. Od původní teze, že vesmír je poznatelný, se tak dostáváme přes empirická fakta a hypotézy na nich postavených k tvrzení o nepoznatel-

<sup>106</sup>P. Andrlé: Kosmologie a samozřejmosti in Vesmír 1984/5, s. 144, X. T. Trinh: Les paramètres de l'Univers. La Recherche, č. 162, 1985, s. 53–63.

<sup>107</sup>Z. Mikulášek: osobní sdělení 1984.

nosti Vesmíru, jehož je náš vesmír součástí. Nebo ještě hůře: my ani s jistotou nemůžeme tvrdit, zda náš vesmír má nějaké „sousedy“ v rámci pluralistického Vesmíru. Není však třeba okamžitě přecházet do tábora gnoseologických pesimistů; domnívám se, že tvrzení o nepoznatelnosti nám nemusí brát chuť k dalšímu poznávání. Vždyť s takovými typy nepoznatelnosti, jak jsem již naznačil v předcházející části, se setkáváme, přezenu-li to nepatrně, téměř denně. Tak jako jsou časově a prostorově omezeny události typu „historická nepoznatelnost“ (=nemožnost získat relevantní informace o některých dějinných událostech) stejně tak jsou omezeny časoprostorovými hranicemi události „ontologické nepoznatelnosti“ skryté pod horizontem události nebo i celé vesmíry v sousedních doménách. Jedná se o nepoznatelnost, která je integrální součástí našeho světa (skutečného či teoretického) a jedinou potíž může činit setrvačnost našeho myšlení, které, ve shodě s makrosvětlem, jenž je formuje po celé věky, si stále vynucuje striktně alternativní řešení buď-anebo. Ano nebo ne. Otec nebo matka. Levá nebo pravá. Podmět nebo přísudek. Život nebo smrt. Poznatelný nebo nepoznatelný. Některé typy polarit koriguje sám život prostřednictvím naší zkušenosti. Dobro a zlo již není tak jasně oddělitelné jako v pohádkách, přítel i nepřítel se mohou projevit velmi neočekávaně, láska a nenávisť si mění šaty, . . .

Proč by náš **poznatelný** vesmír nemohl být také trochu **nepoznatelný**?



