

JOSEF KROB

## NĚKTERÉ METODOLOGICKÉ OTÁZKY KOSMOLOGIE

První metodologickou otázkou kosmologie<sup>1</sup> je otázka samotného jejího předmětu. V následující části nám však nepůjde o to, jak definovat, co je vlastně předmětem tohoto oboru, ani o přesné určení obsahu pojmů jako např. svět, vesmír, universum apod.<sup>2</sup> Soustředíme se zde pouze na dvě specifické vlastnosti kosmologického předmětu. Prvním specifikem je vlastnost všeobsažnosti. Tato osobitá vlastnost předmětu kosmologie s sebou nese některé zásadní problémy. Je to jednak nemožnost využít v samotné, již konstituované, kosmologii některých klasických metod — analogie, komparativní metody — jinak než pouze v matematickém, abstraktním popisu fyzikální skutečnosti, ale nikdy ne v samotné kosmologické realitě. A za druhé je to problém subjektu a objektu poznání. Specifikum vztahu subjektu a objektu v kosmologii spočívá v tom, že člověk jako subjekt poznání vstupuje do soustavy svého objektu poznání jako neoddělitelná součást. Na první pohled není toto žádná zvláštnost, podobně neodmyslitelným elementem objektu poznání je člověk v biologii, sociologii. Ovšem biolog, sociolog zaujímající určitý teoretický vztah ke svému předmětu může, i když také ne zcela libovolně, překročit hranice tohoto vztahu a pozorovat svůj objekt z různých — někdy i diametrálně odlišných — hledisek. Tato možnost je však subjektu poznání kosmologické skutečnosti zásadně nedostupná, poněvadž tento subjekt není pouze součástí svého vlastního objektu poznání v teoretickém smyslu, ale je rovněž jednou provždy připoután k určitému pozorovacímu

---

<sup>1</sup> Kosmologie — nauka o stavbě vesmírných systémů a vesmíru jako celku, kosmologie — nauka o vývoji těchto systémů. V poslední době se používá pojmu kosmologie v obou těchto významech, neboť nelze hovořit o stavbě vesmíru a neobjasnit současně jeho vývoj.

<sup>2</sup> Samotný pojem vesmír má v kosmologii několik významů: a) astronomický vesmír — tedy pozorovatelná část vesmíru, b) fyzikálně teoretický vesmír — ideální teoretický model snažící se popisovat nejen nám známou část vesmíru, c) vesmír jako část pluralistického Vesmíru kvantové kosmologie, kdy vesmír není pouhý výsek většího celku, ale víceméně samostatná jednotka, i když ne zcela absolutně izolovaná od ostatních vesmírů.

místu — a to ve smyslu prostorovém i časovém — a není v jeho možnostech změnit daný úhel svého pohledu.<sup>3</sup>

Druhé specifikum kosmologického předmětu: Přestože kosmologie bude modely vesmíru jako celku, objektem jejích bezprostředních pozorování jsou „jen“ různé podsystémy vesmíru. Kromě toho, že tato skutečnost je reálným základem otázky o oprávněnosti kosmologické extrapolace, objevuje se v této souvislosti dotaz o povaze kosmologie — zda jde o vědu empirickou či nikoliv. Kosmologie má mimo jiné také tu zvláštnost, že je budována — zejména ve svých počátečních fázích — převážně již na hotových teoretických tvrzeních, která jsou často výsledkem jiných fyzikálních oborů a empirická pozorování slouží víceméně „jen“ na dokreslení, případně upřesnění či potvrzení (vyvrácení) stávajících teoretických modelů. Neznamená to ovšem, že by kosmologické modely vznikaly cestou čistého myšlení, empirie je v nich obsažena, ovšem většinou ne bezprostředně, ale dostává se do nich prostřednictvím jiných vysoce obecných teorií fyziky — obecné teorie relativity, kvantové mechaniky, teorie elementárních částic apod. V této souvislosti není možné se nezmínit o současné tendenci ve vývoji vztahů mezi kosmologií a fyzikou. Poslední pokroky především v oblasti matematického aparátu teoretické fyziky dávají vědcům reálnou naději na úspěšné vybudování jednotné fyzikální teorie, která by spojovala všechny čtyři dosud známé základní fyzikální interakce. Kosmologie zde vystupuje jako stimul a katalyzátor tohoto sjednocování a současně dává možnost tyto pokusy o jednotnou teorii ověřit. Současná kosmologie tedy již pouze neexploatuje jednotlivé fyzikální obory, ale rovněž se aktivně podílí na jejich integraci.

Jestliže za empirickou vědu budeme považovat takovou, která je schopna na základě svých výpovědí, které 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 jsou lidskému pozorování nedosažitelné, poněvadž mnohonásobně převyšují dnes odhadovaný věk lidské civilizace). Ovšem jestliže budeme brát za základ empirické vědy experiment, je zřejmé, že v současnosti tomuto kritériu kosmologie neodpovídá. Není ale vyloučené, že se v budoucnosti může stát empirickou vědou i z tohoto hlediska, a to především díky neustále těsnějšímu proplétání „pozemských“ věd — zejména geologie a geofyziky — a kosmologie. V případě, že se toto spojení bude i nadále prohlubovat — a současný stav tomu navesvědčuje — bude možné, aby kosmologie učinila předpovědi takového charakteru, jejichž ověření nebude člověku nedosažitelné, dokonce je bude moci sám realizovat v pozemských podmínkách. K tomuto optimistickému tvrzení je však třeba přidat i trochu skepse. Z požadavků na materiální zabezpečení pokusu k ověření vznikající fyzikální teorie jako celku je zřejmé, že toto potvrzení zůstane lidstvu asi nedostupné, neboť by vyžadovalo taková zařízení a zdroje energie, která jsou srovnatelná rozměrově

<sup>3</sup> Na této skutečnosti nemění nic ani možnosti pozorování při kosmických letech — byť v rámci celé planetární soustavy — neboť tato měřítka jsou vůči kosmologickým vzdálenostem zcela zanedbatelná.

a energeticky s objekty typu galaxie. Tuto teorii je však možné ověřit v jejích dílčích důsledcích, což dnes musí stačit k přiznání její pravdivosti jak v kosmologii, tak i v celé fyzice.<sup>4</sup>

### KOSMOLOGICKÝ PRINCIP HOMOGENNOSTI A IZOTROPNOSTI VESMÍRU

Tento základní princip kosmologie předpokládá rovnoměrné rozložení hmoty ve vesmíru i to, že vlastnosti této hmoty jsou stejné ve všech směrech. Ve vesmíru tedy podle tohoto principu neexistují žádné význačné body s výsadním postavením, rovněž všechny směry jsou ekvivalentní a všude platí stejné fyzikální zákony.

Neodporuje to aktuálním astronomickým pozorováním nejbližšího vesmírného okolí, která shledávají okolní vesmírnou hmotu nehomogenní a anizotropní (planetární systémy, hvězdné soustavy), ale je to otázka různých měřítek. (Pevná tělesa makrosvěta shledáváme také homogenními, přestože víme, vezmeme-li v úvahu pouze atomovou strukturu, že převážná část hmoty je soustředěna do atomového jádra, poměrně malé části atomů, které jsou jinak „prázdné“). Metodologický princip homogenosti má v kosmologii dvě významné úlohy. Jednak jako základní, výchozí předpoklad veškeré kosmologie a za druhé jako část konkrétní metodiky, kdy vstupuje i do matematického aparátu, jenž je využíván k budování teoretických modelů. V minulosti byly okolo tohoto principu časté spory, neboť někteří filozofové se domnívali, že modely konečného vesmíru, které pro ně byly nepřijatelné, jsou právě výsledkem přijaté idealizace — homogenního a izotropního prostoru. Později se však ukázalo, se zlepšením matematického aparátu, že konečnost vesmíru se může jako výsledek objevit i v případě, kdy uvažujeme vesmír nehomogenní a anizotropní. Současnou kosmologií je tento princip interpretován dvěma způsoby: a) empiricky — jako rovnoměrné rozložení hmoty ve vesmíru, bereme-li v úvahu dostatečně velké měřítko, b) teoreticky — jako jednota fyzikálně-geometrických vlastností prostoru a jeho deformací nezávisle na místě, směru a časovém okamžiku ve vývoji vesmíru.<sup>5</sup>

V souvislosti s těmito dvěma pojetími se objevují ještě dvě krajnosti v chápání kosmologického principu. Empirická interpretace bývá chápána jednostranně a omezována pouze na oblast astronomických pozorování, kosmologický princip je tak tedy snižován na pouhý popis prostorového rozdělení hmoty, a to jen v oblasti reálně pozorovatelných objektů. Ze základního kosmologického principu se tak v tomto pojetí stává pouhá zkušenostní výpověď, která může participovat na teoretickém poznání jen v té míře, v jaké je potvrzena bezprostředním pozorováním.

Druhé, protikladné, pojetí kosmologického principu vychází z jeho logické stránky, kterou však pojímá už ne jako záležitost teoretického myš-

<sup>4</sup> RNDr. Z. Mikulášek, CSc., osobní sdělení, 1984.

<sup>5</sup> Srovnej Tursunov, A.: *Osnovanija fizičeskoj kosmologii*. In: *Sborník Filosofija i osnovanija jestěstvennych nauk*, Moskva 1981.

lení, ale chápe ji jako skutečnost a tuto ontologizaci logické stránky kosmologického principu se snaží rozšířit na celou přírodu a v důsledcích pak také na gnozeologický princip jejího poznávání. Francouzský metodolog Merleau-Ponty, který se zabýval kritikou tohoto pojetí, ukazuje, že se tak z prostého hypotetického tvrzení stává transcendentální hypotéza kantovského typu, která klade apriorní hranice časoprostorové struktury vesmíru.<sup>6</sup>

Dialektický materialismus se snaží řešit otázku principu homogenosti v úzkém spojení s tezí o materiální jednotě světa. Princip homogenosti je tak chápán jako konkretizace obecného filozofického principu speciální vědou. Tato konkretizace je vysvětlována především ve smyslu regulativní funkce — výchozího předpokladu — kosmologického principu, a to tak, že nevnucuje vesmíru žádný predikát a není tedy závislá na tom, zda astronomie svými pozorováními princip homogenity potvrzuje nebo vrací. Podstata spočívá v tom, že kosmologický princip chápáný jako jednotnost materiálního světa se neomezuje na předpoklady o rozdělení hmoty ve vesmíru a může tak sloužit jako princip heuristický.

Základní kosmologický princip má však ještě sám o sobě jeden neopominutelný znak. S rozvojem jak pozorovacích technik, tak i teoretického poznání vesmíru se z původního hypotetického předpokladu o homogenosti a izotropnosti vesmíru stále více stává a) fakt empirického poznání, který vychází z pozorování stejných vlastností ve vesmírných oblastech navzájem tak vzdálených, že za trvajících současných podmínek by dosud neměly možnost předat si žádnou informaci, kterou u nich přesto nacházíme; b) fakt teoretického poznání jako vysvětlení empirického pozorování. Není-li možné za současného stavu vesmíru vysvětlit způsob předání informace, která předána být musela, pak je to možné vysvětlit na základě minulých stavů vývoje vesmíru, kdy se dostáváme do okamžiku  $10^{-43}$  s vzdálenému od počátku velkého třesku. V tomto momentě dochází k tzv. velkému nafukování, kdy vesmír zvětšuje své rozměry o 30—40 řádů, a tak se „vlastnosti“ původně koncentrované v poměrně malém objemu přenášejí do objemu značně převyšujícího objem dnes pozorovatelného vesmíru. Homogenost a izotropnost pak již z hlediska logické výstavby teorie nejsou předpokladem, ale důsledkem dějů v určité vývojové fázi vesmíru. Jako metodologický předpoklad zůstává tvrzení, že vesmír je jednotný na úrovni základních fyzikálních zákonů.<sup>7</sup>

Zárodky a předpoklady dalších dvou metodologických principů kosmologie se formují již ve filozofii antického Řecka. Původní úvahy o stavbě vesmíru jsou v podstatě libovolné spekulace na dané téma a různé pokusy vysvětlit pohyby astronomických objektů, přičemž nezáleželo příliš na vzájemném uspořádání těchto objektů, ale bylo nutné, aby se z těchto teorií dala odvodit i pozemská pozorování. Tento způsob vysvětlování vesmíru vrcholí u Platóna, Aristotelem dochází k zásadnímu zlomu.

Aristoteles se snaží důsledně spojit vysvětlování kosmu s pozemskou přírodou a fyzikou jako jejím poznáním a nekonstruuje tedy již své teorie

<sup>6</sup> Viz tamtéž s. 99.

<sup>7</sup> RNDr. Z. Mikulášek, CSc., osobní sdělení, 1984.

na základě libovolných úvah o tom, jak se vesmírné objekty budou jevit v pohybu při různém geometrickém uspořádání, ale ptá se, zda to či ono geometrické rozdělení vesmírných těles je fyzikálně možné. V podstatě protikladnost těchto dvou různých pohledů na skutečnost spočívá v protikladnosti metod dedukce a indukce (extrapolace) a otázka tedy zní: odvodit zákony pozemské fyziky z kosmologie, nebo budovat kosmologii extrapolací těchto zákonů?

V současné kosmologii těmito dvěma různými názorům odpovídají dva různé metodologické principy. V duchu oné „platónské“ linie to je princip kosmologické unikátnosti, „aristotelovské“ linii odpovídá princip kosmologické extrapolovatelnosti.

Princip kosmologické unikátnosti zavrhne možnost užití lokálních fyzikálních zákonů pro budování kosmologických modelů, které se mají opírat o vlastnosti vesmíru jako celku, mají mít axiomativní a deduktivní charakter a musí být jednoznačné. Vychází se přitom z předpokladů, že a) vesmír jako objekt poznání je jedinečný, b) jedinečný objekt je třeba popisovat jediným možným způsobem, c) OTR v kosmologické interpretaci nedává jednoznačné řešení a z toho tedy vyplývá, že fyzikální poznání lokální oblasti je v kosmologii neadekvátní.<sup>8</sup>

Základní nedostatky „platónské“ linie vyplývají z toho, že staví kosmologii do absolutního protikladu k ostatním fyzikálním vědám. Tato koncepce, stejně jako předaristotelovská kosmologie, postrádá schopnost předpovědi jakéhokoliv nového jevu a zůstává tak na úrovni popisu již známých skutečností. Právě tyto nedostatky informačního a heuristického charakteru odsunují toto pojetí do pozadí a je stále více uplatňována efektivnější metoda v duchu „aristotelovské“ linie. Touto metodou je princip kosmologické extrapolovatelnosti, který je založen na předpokladu možnosti vyjít z teoretického poznání lokální oblasti vesmíru a dostat se k popisu struktury a evoluce libovolného vesmírného objektu až po vesmír jako celek. Protože i v tomto případě se vychází ze základního kosmologického principu homogenosti a izotropnosti, vystupuje i zde jako obecně filozofický předpoklad teze o materiální jednotě světa. V relativistické kosmologii je princip kosmologické extrapolovatelnosti určen dvěma základními předpoklady. 1) Kosmologické minulosti vesmíru byly vlastní částice a základní fyzikální interakce jak je známe dnes, tzn., že při úvahách o kosmologicky časově vzdálených stadiích vývoje vesmíru počítáme s částicemi a interakcemi tak, jak je poznává současná fyzika, pouze s tím rozdílem, že v určitých obdobích vývoje vesmíru převládají určité částice a pro další vývoj jsou rozhodující určité typy interakcí. V žádném případě to však neznamená totožnost aktuálně přítomných částic našeho vesmíru a částic vlastních kosmologické minulosti. Jejich jednotnost spočívá v kauzální odvoditelnosti dnes reálně existujících částic z těch, které mohly existovat jen v mimořádných — mimořádných jen z hlediska současnosti — podmínkách počátečních vývojových stadií vesmíru. 2) V sou-

<sup>8</sup> Srovnej sborník *Razvittje filosofii i metodologii jestestvoznaniija v SSSR: 1976—1981*. Moskva 1983, s. 159.

časnosti pozorované rozložení a pohyb hmoty (homogennost a izotropnost) byly vlastní všem fyzikálně skutečným stavům vesmíru.

Princip kosmologické extrapolovatelnosti je zvláštním případem obecnějšího metodologického principu extrapolace, tedy schopnosti teoretického poznání vysvětlovat jevy, které nejsou geneticky spjaty s vlastní předmětnou oblastí a vztahují se k jiným strukturním úrovním hmoty. Extrapolace je tak základem extenzivního rozvoje vědeckého poznání a její dialektické chápání umožňuje vyjít za hranice již dosažených poznatků a této možnosti kosmologie bohatě využívá.

## ANTROPICKÝ PRINCIP

Uplatnění antropického principu<sup>9</sup> znamená v podstatě kladení omezujících a vymezujících předpokladů při tvorbě modelů vesmíru, které musí respektovat současný stav a ten musí být bezrozporně vyvoditelný ze stavů minulých. Jedná se tedy o takový způsob uvažování, který z reálně existujících jevů ve vesmíru se snaží odvodit, jaký vesmír musel být v minulosti, aby se v něm dnes mohly realizovat pozorované události. V kosmologii se rozlišuje antropický princip silný a slabý.

Slabý antropický princip se objevuje jako základní podmínka reálnosti minulých stavů vesmírného vývoje v tom smyslu, že tyto musely být takové, aby daly vzniknout základním podmínkám života. Např. jeden z výchozích předpokladů je ten, že v okamžicích nepříliš vzdálených od počátku rozpínání vesmíru musel být poměr částic a antičástic takový, aby po jejich vzájemné anihilaci a vyzáření zůstal dostatek částic jako materiál pro budování budoucích hvězd a planet.<sup>10</sup>

Hvězdám, které pozorujeme v současnosti, musely předcházet hvězdy I. generace, neboť jen tak je možné vysvětlit poměrné zastoupení těžších chemických prvků u hvězd II. generace a chemické složení jejich planet; tyto planety musí mít optimální vzdálenost od centrální hvězdy, tato hvězda musí být relativně stabilním útvarům apod.

Takto zřetězené jednotlivé podmínky nám pak dávají nejpravděpodobnější obraz o určitých charakteristikách vesmíru. Slabý antropický princip však v žádném případě neobsahuje jakékoliv teleologické tvrzení, že vesmírný vývoj má jediný cíl, který je zcela jednoznačně sledován — a tím je vznik živé hmoty. Pouze vychází z faktu prosté existence života, který musí mít splněnu řadu podmínek. Nutnost vzniku života v reálném vesmíru je pak obsahem silného antropického principu, který však není zcela bez výhrad přijímán.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Antropický princip však neznamená antropologizující pojetí skutečnosti.

<sup>10</sup> Dejme tomu, že na každý milión antičástic připadla milión a jedna částice. Tyto částice „navíc“ se tedy staly základem našeho materiálního světa.

<sup>11</sup> Viz A n d r l e, P.: *Kosmologie a samozřejmějstí*. In: *Vesmír 1984*, č. 5, s. 144.

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КОСМОЛОГИИ

В статье стремится автор к тому, чтобы наметил три из основных методологических вопросов современной космологии.

Во первых — это вопрос предмету космологии, где автора интересует специфичность отношения субъекта и объекта познания в этой области и характер предмету космологического познания — вопрос эмпирического и теоретического.

Во вторых — это вопрос основного космологического принципа, прежде всего определившихся отношений к проблематике однородности и изотропности Вселенной. Автор тоже намечает проблематику космологической уникальности и космологической экстраполируемости. Есть показано всегда на крайнее решения этих вопросов и на возможности, которые к их понятию предоставляет диалектический материализм.

В третьих — это вопрос антропического принципа как назначения пределов при выборе различных космологических моделей.