

Krob, Josef

Vesmír v čase

In: Krob, Josef. *Hledání času, místa, smyslu*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, 1999, pp. [9]-27

ISBN 8021020490

Stable URL (handle):

<https://hdl.handle.net/11222.digilib/123000>

Access Date: 04. 12. 2024

Version: 20220831

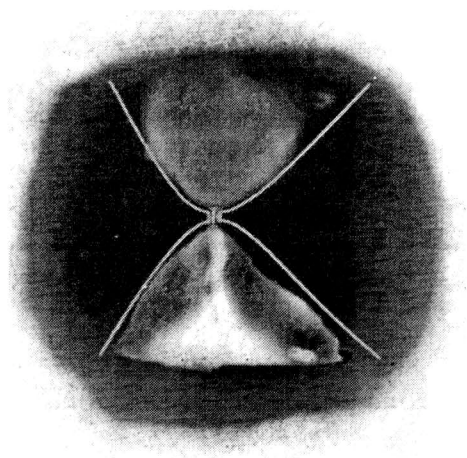
Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

MUNI
ARTS

Masarykova univerzita
Filozofická fakulta

Digital Library of the Faculty of Arts,
Masaryk University
digilib.phil.muni.cz

Vesmír v čase



Hledání počátku

Je velmi obtížné, ba téměř nemožné, určit místo a dobu, které by vymezily okamžik, kdy se člověk poprvé začíná systematictěji zajímat o dění nad vlastní hlavou. S jistotou můžeme říci, že to bylo mnohem dříve, než byl schopen zachytit svá pozorování v písemné podobě, a tak přetrvávajícími svědky těchto znalostí jsou mimo jiné impozantní i méně náročné kamenné stavby, podle našich představ sloužící stejnému účelu — k zviditelnění časových změn poukázáním na periodicky se opakující úkazy na obloze, k orientování se v důležitých astronomických událostech. K nedohlednosti počátků zájmu o vesmír jako k problému při jeho historickém vymezení přistupuje i neustálé překrývání dvou jeho základních rovin. 1. Kosmogonické, jejímž hlavním obsahem je spekulace o počátku světa, způsobu jeho vzniku, o jeho podstatě apod. 2. Astronomické, jejíž náplní je pozorování pohybů nebeských těles, hledání jeho zákonitostí, formulování pravidel. Rovina kosmogonická je tak svou náplní více spjata s mýtem, náboženstvím, filosofií, v rovině astronomické se vedle toho projevují i praktické potřeby například prvních zemědělců či mořeplavců, tj. potřeby orientace v čase a prostoru.

Nejstarší dochované památky — zmíněné kamenné stavby svědčící o velmi silném zájmu o dění nad hlavou — jsou výrazem pravděpodobně orientace spíše astronomické. Nejznámější z těchto staveb byla vybudována v jižní Anglii. Současné mínění většiny odborníků se přiklání k astronomické interpretaci těchto staveb, alespoň pokud jde o jejich architekturu, pozorovatelské a měřicí možnosti. Někteří nadšenci se dokonce domnívají, že v kamenných stavbách objevili nejen vyznačení základních astronomických jevů, jakými jsou například slunovratové východy a západy Slunce, ale i jakousi pomůcku umožňující předpovídat zatmění Slunce a Měsíce.

Zda všechny stavby, které vznikaly od eneolitu až do prvních století našeho letopočtu a nemusely být vždy nutně kamenné a byly roztroušené po celém světě (známé jsou stavby v podobě hliněných valů z Asie, Afriky i Jižní Ameriky, kruhové

areály byly objeveny i u nás v lokalitách Těšetice-Kyjovice, Křepice, Vedrovce.¹⁾ Byly budovány jako velechrámy, astronomické observatoře, či jednoduché vizíry, označující místo na obzoru, kde ve významné dny vycházelo či zapadalo Slunce, není nakonec tak důležité. Spolehlivě však prokazují, že nejstarší a nikoli triviální astronomické znalosti značně předběhly znalost písma a že systematický zájem a nebesa a „jejich obyvatelé“ je velmi starého data.

Můžeme-li usuzovat na astronomické znalosti pouze nepřímo z materiálních zdrojů, v případě představ kosmogonických je to ještě horší. Zde jsou k dispozici až prameny písemné, tj. mnohem mladší, zachycující po generace představy o kosmu pouze ústně předávané (=pravděpodobně modifikované s každým podáním), námi korigované nanejvýše mnohdy nejistou interpretací prvků materiální kultury, navíc prvků převážně uměleckého charakteru.

Jisté však je, že je to zejména otázka počátku a původu světa, která je velmi často zdůrazňována při interpretaci různých mýtů. Tento počátek je snad bez výjimky chápán ve smyslu vzniku jisté organizované struktury z předcházejícího původního chaosu. Dokonce ani v biblické kosmogonii nenajdeme podporu pro představu, že Bůh stvořil svět z ničeho. Naopak je možno v prvních verších Geneze (a poznámkách k nim, v ekumenickém překladu Bible) najít potvrzení pro představu, že ani Izraelité se nijak nelišili ve svých představách o počátku světa od svého okolí. („Země pak byla pustá a prázdná a nad propastnou tůň byla tma. Ale nad vodami vznášel se duch Boží.“ Teprve po tomto naznačení chaosu následuje „Tajemství a div stvoření“, tj. přeměna pustého a nesličného místa v místo vhodné pro plný a radostný život člověka.) Jazykové dědictví představy změny z chaosu v řád je skryto mimo jiné v samotném slovu kosmos. Podle Charlese H. Kahna lze uvedení slova kosmos do filosofie pro použití ve významu přirozený svět připsat nejpravděpodobněji Miletánům. Od nich tento výraz přejali Hérakleitos, Parmenidés, Anaxagorás, Empedoklés a ostatní.

¹V. Podborský: Poznámky ke kruhovým architekturám pravěké a raně historické Evropy, *Pravěk* NR 1, 1991.

Výraz kosmos však používal i například Homér, ovšem v jiných významech. Na začátku 4. st. př. n. l. termín kosmos není součástí běžného jazyka a je vyhrazen oblasti přírodní filosofie. Když Platón hovoří o kosmu, má na mysli řád, který „drží pohromadě nebe a zemi, lidi a bohy“. Výraz kosmos, je tak společně s fýsis charakteristickým znakem řecké přírodní filosofie.

Mezi autory není shody o etymologii slova kosmos. Nejčastěji se uvádí použití tohoto výrazu u Homéra ve smyslu jakéhokoli řádu, uspořádání, přičemž se vychází z prvotní představy pěkného, upraveného. „Pěkně uspořádané“ umožňuje použití výrazu „nádhera“, „ozdoba“, ale stejně tak mohlo být uspořádané vojsko do šiků. Postupně dostával výraz „uspořádání“ i morální a sociální významy. Filozofové pak výrazu kosmos dali význam „racionální řád nebes“. Když tedy Platón, Aristotelés říkají kosmos, nejde o noční oblohu, ale mnohem spíše o řád vesmíru, jehož nejnápadnějším projevem jsou uspořádané, pravidelné pohyby nebeských těles. U Hérakleita — „Tento kosmos nevytvořil žádný z bohů ani žádný z lidí...“ — je kosmos úplným celkem světa v nejširším slova smyslu. Anaxagorás považuje kosmos za světové uspořádání, které je strukturováno do elementárních sil, jež tvoří kosmický základ. Ale už u Empedokla se z dá být termín kosmos „hotový“, pro tohoto filosofa je kosmos prostě univerzum (svět) zabírající prostor. Pojem kosmos vzniká pro vyjádření myšlenky pořádku, uspořádanosti světa (v nejširším slova smyslu), jeho strukturovanosti, vztahu protikladů, které jsou v něm spojeny, vyjádření představy o symetrii a o periodičnosti mnohých světových událostí.² Spíše než o kořenech racionálních, tedy o prosté touze po vysvětlení, lze v případě mytologie hovořit v souvislosti s ideou počátku světa o motivech existenciálních a terapeutických. Takovéto hledání je návratem k počátku, dosažením okamžiku Zrodu a počátek světa je chápán jako privilegovaný moment, ve kterém se Bytí objevuje vůbec poprvé.³

²Ch. H. Kahn: Užití termínu KOSMOS v rané řecké filosofii in *Kosmos a živly*. Praha 1992, s. 9–20.

³J. Demaret: *L'univers. Les théories cosmologiques contemporaines*. Mail 1991, s. 22.

První etapu dějin našich představ o vesmíru tak lze klást do doby staveb typu Stonehenge, druhou by mohly představovat první velké civilizace v povodí velkých řek — Čína, Indie, Mezopotámie, Egypt, pro které jsou k dispozici již i písemné památky, třetí a pro evropskou vědu rozhodující etapou je jistě epocha zrodu a rozvoje antické vědy, tj. od 8. st. př. n. l. do přelomu letopočtů.

Ve všech těchto etapách je to však především astronomická (=kosmografická) rovina pohledu na vesmír, která je předmětem zkoumání. Otázky vzniku nebo dokonce dalšího vývoje vesmíru, pokud se vůbec objevují, jsou řešeny velice omezeně. Nakonec i ve vlastní mytologii kosmogeneze velmi rychle míří od vzniku vesmíru k tvorbě Země, jejího nejbližšího okolí a uspořádání pozorovatelného vesmíru. Další vývoj vesmíru zde nepřipadá v úvahu. Je tomu tak i v pozdějších náboženstvích a obraz statického vesmíru přetrvává až do 20. století.

Ve srovnání s orientálními mýty a samotnou knihou Geneze představuje pozdější biblická kosmogonie nový pohled na otázku počátku. V nové podobě biblický Stvořitel již není součástí vznikajícího vesmíru, který by povstával z počátečního chaosu, ale je zcela mimo tento materiální svět, První, Absolutní, existující věčně a tvořící tento svět z **ničeho**. „Prosím tě, dítě, pohlédni k nebi i na zemi, na všechno, co je zde vidět, a věz, že to Bůh udělal ne z toho, co bylo, a že i lidský rod takto povstal.“⁴

Rozdílnost této představy nespočívá ve svých důsledcích jen v různosti pohledu na počátek,⁵ ale i v představách o budoucnosti tohoto vesmíru. Kosmos, vzniklý zásahem Stvořitele z ničeho a nikoli pouhým přetvořením něčeho, má i svůj konec, se kterým jsou spojeny v náboženském kultu různé, často spasilské představy. Spor o vznik světa z chaosu či stvoření z ničeho se velmi rychle mění v problém časovosti, kdy na jedné straně stojí věčné Bytí, v jehož rámci se odehrává nekonečný

⁴Druhá Makabejská, 7, 28; Lukiánská verze: z toho, co nebylo, ex nihilo.

⁵Např. podle Usshera, který stanovuje datum počátku odpočítáváním biblických generací, vznikl svět 24. 10. 4004 př. Kr. J. Ussher: *The Annals of the World Deduced from the Origin of Time*. Londýn 1658 in J. Demaret: *L'Univers. Les théories cosmologiques contemporaines*. Mail 1991, s. 26.

koloběh chaosu a řádu, a proti této představě je postavena idea Absolutního počátku.

Během prvních století našeho letopočtu se křesťanští filosofové museli bránit námitkám novoplatoniků (Plotinos), kteří upozorňovali na absurditu stvoření světa v jistém (=konkrétním, určitém,) časovém okamžiku v nekonečném běhu času. Za předpokladu lineárního času nekonečného do budoucnosti i do minulosti, by před okamžikem stvoření muselo uběhnout nekonečně mnoho času, což se ještě nestalo, a svět by tedy nemohl existovat. Velmi moderně (z pohledu současné fyziky) se s těmito námitkami vypořádal Augustinus, který zdůraznil, že Bůh nestvořil svět v čase, ale s časem. I když je to řešení poměrně elegantní, diskuse o věčnosti a počátku světa pokračovaly v podstatě až do 13. století, kdy vzplanuly s novou silou, oživené arabskými filosofy (Averroes, Avicenna), jejichž myšlenky začaly pronikat do křesťanského prostředí. Rozchod biblické kosmogonie s mýtem je však pouze „bodovou“ záležitostí, tj. týká se jen počátečního a koncového bodu existence vesmíru. V ostatním, v tom, co je mezi těmito body (stvořením a koncem světa, povstáním z chaosu a návratem do něj), jsou obě koncepce zajedno. Vesmír je setrvalý stav, který se ve svých hlavních rysech nemění, je statický. Kosmogonie v pravém slova smyslu neexistuje, protože o vývoji vesmíru se nehovoří, ani neuvažuje, a její místo zaujímá kosmografie — popis pozorovaných astronomických těles a jejich pravidelných pohybů.

První, kdo se opět pokusil prolomit za dlouhá staletí zakořeněnou představu o staticčnosti vesmíru, byl I. Kant, o jehož nebulární hypotéze se zmíním v kapitole Vesmír stávání. Zde stojí za zmínku to, že ani v kritickém období z Kantovy filosofie nemizí zcela problematika času, ale objevuje se tu v mnohem filosofičtější podobě jako problém antinomií, obtíží našeho myšlení, ve kterých Kant poukazuje na nerozhodnutelnost otázky počátku světa. Připustit změny ve věčném a statickém vesmíru bylo dlouho nepřijatelné i pro Einsteina, který záhy po formulaci obecné teorie relativity vytváří s její pomocí první relativistický model vesmíru. Víra ve staticčnost vesmíru byla natolik silná, že Einstein upravuje své rovnice, které samy o sobě nedávaly statické řešení, tak, aby vesmír byl stabilní.

Zcela spekulativně do nich vkládá tzv. kosmologický člen, tj. veličinu, která měla vyrovnávat gravitační síly ve vesmíru, a zajistit tak jeho statickou rovnováhu. A opět je vesmír věčný a bez vývoje. Nikoli však již na dlouho.

Po událostech, k jejichž popisu se dostaneme v kapitole Vesmír v čase, se však nakonec Einstein vzdává kosmologického členu a přistupuje na interpretaci vesmíru v modelu, který je modelem dynamickým — vesmír vznikl a dále se vyvíjí. Otázka počátku vesmíru, vyslovená tentokráte moderní fyzikou, je opět jedním z hlavních témat přírodní vědy a filosofie. Nejedná se však již jen o okamžik zrodu, ale problémem je celý proces, kterým musel vesmír projít od počátečního stavu — singularity — až do dnešní podoby. Dějiny vesmíru již nejsou redukovány na akt stvoření či okamžik zrození, ale jsou pokusem o plnohodnotnou rekonstrukci celého evolučního procesu tohoto jedinečného systému v maximálně možné šíři.

Přesto však největší díl pozornosti upoutává opět problém vztahující se k otázce vzniku, singularitě. Mezi mnohými odpověďmi, které se snaží nabídnout řešení, vynikají dvě. Jedna v podstatě (mnohdy i doslova) opakuje Augustinovu tezi o vzniku času s vesmírem a o nesmyslnosti ptát se na to, co bylo před jeho vznikem, druhá chápe singularitu a předchozí odpověď jen jako meze současných teoretických koncepcí (teorie relativity, její ne-quantovou podstatu). Nabízí takový obraz vzniku, kdy se vesmír objevuje jako důsledek fluktuace falešného vakua, která přešla ze stavu virtuálního do reálného a začala samostatnou existenci. Spojit mytologickou představu vzniku vesmíru z chaosu s vírou stvoření z ničeho nebylo možné. Spojit první a druhou odpověď je docela myslitelné. Fyzikové velice často v této souvislosti používají výraz „vesmír vznikl z ničeho“. „Z ničeho“ přitom dávají důsledně do uvozovek a zdůrazňují, že se nejedná o absolutní nic (filosofickou nicotu), ale o stav falešného vakua, ve kterém sice neexistují reálné částice, ale které reálnou částici může zrodit. Ani v otázce času nemusí být rozpor, i když zde pravděpodobná shoda končí asi u představy, že čas našeho vesmíru je zpětně počitatelný pouze k singularitě. Dál je zatím nejčastěji jen krčení ramen.

Vesmír bytí (statický vesmír a jeho problémy)

Člověk ve své historii neměl mnoho takových jistot, jako byla a je například ta, že Slunce vyjde a zapadne, že hvězdy budou udržovat vzájemnou polohu tak spolehlivě, že bude stále možné se podle nich orientovat, že vesmír bude stále stejný po celé věky. Vesmír a jeho řád se v mnoha případech staly přímo symbolem stability, neměnnosti a jistoty nebo dokonce věčnosti. Intuitivnost představy stabilního vesmíru byla často ještě potvrzována „zdravým rozumem“ a řadou více či méně empirických i logických argumentů. I s jejich pomocí způsobil Aristotelova autorita, že představa vesmíru jako v čase neměnného celku, bytí bez dějin, se na velmi dlouho ustálila ve fyzikálním i filosofickém myšlení. Od svého vzniku však nebyla sama o sobě zcela bez problémů (ovšem která vědecká teorie je?) a zejména s rozvojem novověké vědy se objevují některé rozpory neřešitelné v rámci dosavadního obrazu. Jedná se zejména o logické paradoxy, ke kterým astronomové dospívají v úvahách o prostorové (ne)konečnosti vesmíru a které jsou zdůrazněny v myšlenkových konstrukcích budovaných původně proto, aby ukázaly obtíže **prostorově nekonečného** vesmíru. Ovšem jsou vybudovány právě na základě představy o jeho neměnnosti v čase, statičnosti a tyto paradoxy se časem obracejí ve svých důsledcích i proti tomuto výchozímu předpokladu. Z dějin vědy jsou tyto rozpory známé jako tři paradoxy.

Paradox fotometrický (Olbersův)

Tuto potíž představ o vesmíru v klasické vědě zaznamenal švýcarský astronom J. L. de Cheseaux (ale je známa formulace také například od Keplera), teoretickou analýzu provádí H. Olbers. Podstatou tohoto paradoxu je to, že při předpokladu nekonečného a statického vesmíru vyplněného nekonečným počtem hvězd, které v průměru svítí všechny stejně, bychom při pohledu jakýmkoli směrem na oblohu měli uvidět dříve či později nějakou hvězdu, nebe by mělo být hvězdami rovnoměrně vypl-

něno a zářit přinejmenším⁶ stejně jako Slunce ve dne. Přesto pozorujeme, že v noci je tma. Statický vesmír, který tento paradox neobsahuje, musí tedy být konečný, kdy konečný počet hvězd ponechává prostor i temnotě. Fotometrický paradox je však paradoxem právě pouze a jedině v koncepci statického vesmíru. Olbers se domníval, že světlo hvězd je pohlcováno mezihvězdnou hmotou (ta by se ovšem po konečné době musela také po postupném zahřívání kumulovanou energií rozzářit), Kepler tmavou oblohu považoval za důkaz konečného vesmíru s nepřilíš velkým počtem hvězd, protože na úvahy o vývoji vesmíru, ve kterém hvězdy vznikají, bylo ještě brzy.

Jakmile však začneme uvažovat o tom, že se vesmír vyvíjí (rozpíná), že i hvězdy vznikají a zanikají, tj. nesvítí nekonečně dlouho, a přidáme k tomu poznatek, že světlo se šíří konečnou rychlostí, dostane se do našich úvah myšlenka horizontu a s ní i vysvětlení, proč je v noci tma. A. Ve vesmíru, který se rozpíná, existuje tzv. horizont částic, tj. hranice udávající odkud může světlo dorazit k pozorovateli v daném časovém okamžiku. Ze vzdálených zdrojů se k nám světlo ještě nedostalo, a v žádném případě tak nemůžeme vidět na svém nebi všechny svítící objekty nekonečného vesmíru. B. Tento vesmír se navíc vyvíjí i ve svých jednotlivých strukturách, tj. i hvězdy a galaxie vznikají a zanikají, neexistují po nekonečně dlouhou dobu, což opět spolu s faktem konečné rychlosti šíření světla zabraňuje vzniku Olbersova paradoxu.

Další dva paradoxy, o kterých bych se chtěl zmínit, nesusouvisí bezprostředně, tj. zejména fyzikálními souvislostmi, s představou statického vesmíru, ale jsou s ní spojeny — mohli bychom říci — paradigmaticky. Obraz statického vesmíru je spojen s absolutními entitami (prostor a čas), a tak i když sám Einstein ve svém původním kosmologickém modelu počítá s v čase neměnným vesmírem, má soužití relativistické fyziky a statického modelu velmi krátké trvání. Naproti tomu v klasické fyzice se stacionarita a absolutnost nijak nevylučují a dobře se snášejí v jednotném obrazu vesmíru. Bezprostředně s new-

⁶V některých úvahách o Olbersově paradoxu se hovoří o **nekonečné** intenzitě osvětlení, jinde „pouze“ o svítivosti srovnatelné s povrchem Slunce. Např. S. Hawking.: *Commencement du temps et fin de la physique?* Flammarion, Paris 1992, p. 88–89.

tonovskou fyzikou a jejím chápáním absolutního prostoru vyplňovaného hmotou (a absolutního času, který je vlastně univerzální věčností neměnného vesmíru) souvisí paradox, jehož podstatou jsou nejednoznačné výsledky aplikace Newtonových gravitačních zákonů na výpočet gravitačního pole v homogenním vesmíru.

Gravitační paradox

Je založen na nepříjemném zjištění, že použití Newtonových gravitačních zákonů na výpočet gravitačního pole tvořené veškerou látkou v homogenním vesmíru vede k nejednoznačným výsledkům. Výsledek tohoto výpočtu totiž závisí na zvoleném *způsobu tohoto výpočtu*. Gravitační paradox je v literatuře nejčastěji představován v následující podobě:

A. Mějme pouze (newtonovský) prázdný absolutní prostor, který budeme postupně vyplňovat látkou (hmotou). Začneme tak, že do libovolného místa umístíme těleso A a obklopíme jej látkou homogenně vyplňující kouli o daném poloměru R tím způsobem, že těleso A bude ve středu této koule. Aniž bychom cokoli počítali, je zřejmé, že na těleso nepůsobí žádná síla, resp. výslednice silového působení je nulová. Ke kouli můžeme poté přidávat další a další vrstvy, zvětšovat tak její poloměr, aniž by se změnil silové poměry uvnitř této koule, tj. výsledná gravitační síla působící na těleso v jejím středu bude stále nulová. Zvětšíme-li tak poloměr koule do nekonečna, dostaneme nekonečný vesmír rovnoměrně vyplněný hmotou, ve kterém na A působí **nulová** gravitační síla.

B. Začneme-li ovšem tak, že opět v prázdném prostoru máme kouli s homogenní látkou, ovšem těleso A bude umístěno mimo její střed (avšak stále uvnitř), přitažlivá síla působící na toto těleso již nebude nulová, ale rovná

$$F = -\frac{GmM}{R^2},$$

kde M je hmotnost koule, m hmotnost tělesa A. Nyní můžeme přidávat, stejně jako v předchozím případě, další vrstvy látky až k nekonečnému poloměru, a tak jako poprvé samozřejmě ani teď se nebudou měnit silové poměry uvnitř této koule. Dospějeme až k nekonečnému poloměru a gravitační

síla F působící na těleso zůstane stejná, tentokráte však **ne-nulová**.

Newtonova teorie tak neumožňuje získat jednoznačné řešení pro výpočet gravitační síly v nekonečném vesmíru, proto je třeba použít teorii jinou.

Zcela jiné výsledky můžeme dostat, když řešíme tento problém v rámci Einsteinovy teorie. Zásadní rozdíl, který způsobí odstranění paradoxu, spočívá v pohledu na charakter prostoru. V Einsteinově teorii již neexistuje žádný absolutní prostor, který je vlastní příčinou gravitačního paradoxu. Newtonova teorie uvažuje o gravitaci v absolutním prostoru a pak se snaží spočítat pohyb galaxií. Síly, které chce určit, jsou však vektory, tj. vždy někam směřují. V homogenním isotropním vesmíru není privilegovaných směrů, ovšem síla jako vektor je jistým významným směrem. A zde je založeno na paradox.

Zbavíme-li se představy absolutního prostoru, absolutní vztahné soustavy, nebudeme počítat žádné absolutní gravitační síly, ale pouze relativní zrychlení a relativní rychlosti galaxií. A tak i při předpokladu homogenního isotropního vesmíru lze řešit Einsteinovy rovnice bez gravitačního paradoxu.⁷

Do paradigmatu, jehož součástí je obraz statického vesmíru, patří i třetí paradox, který se rodí v polovině 19. století spolu s nově se rodícími fyzikálními disciplínami.

Termodynamický paradox

Tento paradox se objevuje v souvislosti s formulací kinetické teorie tepla a zákonů termodynamiky a z dějin vědy je znám jako teorie tepelné smrti vesmíru. Je to teorie, která dovádí do důsledků právě objevované základní principy přeměny energie, konkrétně v tomto případě vychází z poznání principu práce tepelných strojů, kdy při každé přeměně energie dochází k nevyhnutelným ztrátám, tj. část energie se transformuje v „odpadovou“ tepelnou energii, která je vyzářena do nekonečného vesmírného prostoru. Energie je takto postupně degradována do forem, které jsou již vyřazeny z energetického koloběhu, a nakonec dojde k tomu, že v konečné době bude

⁷I. D. Novikov: Vývoj vesmíru. Bratislava 1986, s. 70–74, 94–96.

veškerá energie pouze v podobě tepelné a ve vesmíru ustanou jakékoli další přeměny.

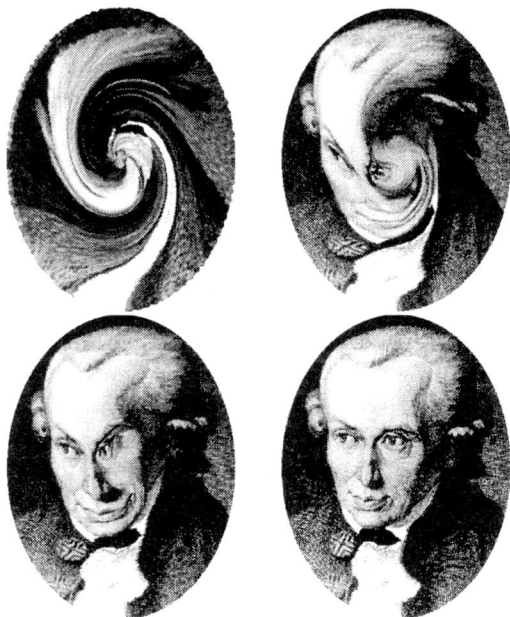
Od okamžiku formulace této teorie se proti ní objevovaly námitky, které vycházely z nejrůznějších pozic fyzikálních i filosofických. Všechny dohromady se však v podstatě shodovaly v tom, že je přinejmenším problematické aplikovat principy vycházející ze studia uzavřených izolovaných systémů na celý vesmír. Ilya Prigogine tudy dokonce vede dělicí čáru mezi termodynamikou 19. století, která hovoří o uzavřených systémech, a termodynamikou století dvacátého, která je teorií systémů otevřených. Začínáme-li pracovat s otevřenými systémy, je to první krok na cestě k úvahám o toku látky a energie mezi těmito systémy, o jejich postupné diferenciaci a o možnosti sledování vzniku uspořádanosti, orientace na sebe navazujících změn, a tak nás tento paradox opět vrací k otázce času.

Vesmír stávání (objevení historie vesmíru)

Když mluví moderní kosmologie a fyzika o čase a prostoru, používá velmi často k jejich označení jednoslovného výrazu časoprostor. Zdá se to zcela samozřejmé, neboť to dobře vystihuje současnou úroveň pochopení vzájemnosti těchto dvou základní rysů vesmíru. Moderní (relativistická) kosmologie ne navazuje na předchozí vývoj pouhým popřením představy statického vesmíru a jeho neměnnosti, ani nevyrůstá zcela samostatně na zelené louce. Vzniká v úzké návaznosti na rozvoj mnoha ostatních příbuzných i vzdálenějších fyzikálních a matematických disciplín. Mluvit o kosmologii 20. století proto znamená například vzít do úvahy změny v geometrických konceptech probíhající ve století devatenáctém, nezapomenout na kritiku newtonovského pojetí fyziky postavené na absolutních entitách a samozřejmě nelze přehlédnout rodící se obory jako jsou termodynamika, elektrodynamika, spektroskopie a další, které svým duchem patří již do století dvacátého.

Kantova nebulární hypotéza

Přes uvedené souvislosti první moderní představa o vývoji vesmíru vůbec nečeká, až budou všechny vyjmenované komponenty k dispozici, ale zcela nečekaně je všechny dalece předbílá, což je ovšem možné pouze proto, že otcem myšlenky, že i vesmír může mít dějiny, je filosofický duch Immanuela Kanta. Neznamená to však, že by nebulární hypotéza byla filosofickou spekulací. Kantova teorie vzniku sluneční soustavy je formulována v tzv. předkritickém období, kdy se Kant zabývá přírodovědeckou tematikou, a výchozí předpoklady s vysvětlením vzniku a vývoje Slunce a planet jsou zcela v duchu panující Newtonovy gravitační teorie.



Podle Kantovy nebulární hypotézy vznikla sluneční soustava z gravitačního shluku pevných částic tvořících zárodečnou mlhovinu, ze které se během její rotace oddělovaly jednotlivé planety, a utvořilo se tak i centrální Slunce.

Přestože by bylo možné namítnout, že jeho nebulární hypotéza popisuje vznik pouze sluneční soustavy, nikoli celého vesmíru, má tato hypotéza při hledání odpovědi na otázku po dějinách vesmíru svůj význam. V představách vědy 18. století nebyla sluneční soustava nepatrnou součástí vesmíru, ale spíše naopak jeho dominantním, ne-li jediným systémem. Uvažovat o vývoji tohoto systému znamenalo uvažovat o vývoji vesmíru. Navíc akt vzniku zde není prezentován jako okamžitá událost, ale jako dlouhotrvající a vlastně stále pokračující proces.

Představě o Sluneční soustavě jako o podstatné části vesmíru nakonec odpovídá i název Kantovy práce,⁸ ve které je nebulární hypotéza popsána.

Einsteinův návrat ke statickému vesmíru

Vnést historii a vývoj do nebeské sféry, která byla člověku po staletí symbolem trvání a věčně stejného koloběhu, však byl čin natolik neobvyklý, že zůstal v podstatě nepovšimnut, a ani když po padesáti letech podobnou myšlenku vyslovuje francouzský astronom Simon Laplace, nemění to nic na staleté víře ve státnost vesmíru a myšlenka vzniku a vývoje vesmíru se zůstala víceméně kuriozitou. Veškeré úsilí směřované do kosmu se stále soustředilo na (nemenší) úkol popisu jeho struktury. Astronomii 19. století prostě chyběly prostředky a znalosti na ocenění podobných úvah, a tak je kosmologie stále — spolu s ontologií, teologií a psychologií — mnohem více součástí metafyziky než přírodních věd.

První aplikace teorie relativity na vesmír jako celek pochází přímo od Einsteina. Tento první relativistický model je vytvořen již v roce 1917; prostor tohoto vesmíru je zobrazen jako sférický a konečný. Avšak pokud jde o čas, zůstává i tvůrce teorie relativity zcela v zajetí tisíciletých představ o věčné neměnnosti vesmíru. Idea státnosti vesmíru se ještě i v této době — přestože například v biologii slovo vývoj již takřka zdomácnělo — zdá natolik samozřejmá a nediskutovatelná, že Einstein namísto, aby ji zpochybnil, upravuje své rovnice popisující vesmír a vkládá do nich bez dalších faktických důvodů tzv. kosmologický člen, který má předpokládanou státnost vesmíru zajistit. Bez tohoto členu by totiž tento vesmír byl velmi nestabilní a záhy by přešel do stavu dynamického — rozpínání či smršťování.⁹

Extrémní obtížnost řešení má za následek, že ještě ani dnes neznáme jejich obecné řešení a pracujeme víceméně s jistými

⁸Všeobecné dějiny přírody a teorie nebes (Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels)

⁹A tak Einstein jednoho d'ábla v podobě éteru z fyziky vymýtil a druhého v převleku kosmologického členu sám vyvolal. Kosmologie se dodnes čas od času k problému této veličiny vrací a stále není schopna definitivně rozhodnout o jejím statutu.

přiblíženími. Jedním z nich je tzv. kosmologický princip. Kosmologický princip je v jistém ohledu dovršením kopernikánského obratu v pohledu na postavení člověka ve vesmíru. Podle tohoto principu nejen člověk nezaujímá žádné význačné místo v kosmu, ale žádné privilegované místo ve vesmíru ani neexistuje. Vlastnosti vesmíru jsou totiž stejné ve všech jeho místech — vesmír je homogenní — a stejně tak není privilegovaný žádný směr ve vesmíru — tj. vesmír je isotropní. Nebo ještě jinak: všude ve vesmíru platí stejné fyzikální zákonitosti jako kdekoli jinde. Druhý předpoklad, na kterém jsou postaveny relativistické modely vesmíru, spočívá v tom, že vesmír je (homogenně) vyplněn látkou, z níž jsou budovány galaxie či kupy galaxií.

Dynamický vesmír v relativistických modelech

Spekulativnost kosmologického členu vadila řadě matematiků a astronomů. První řešení Einsteinových rovnic, ve kterých nebyl kosmologický člen obsažen, nabídl v r. 1923 ruský matematik a meteorolog A. A. Fridman,¹⁰ který ukázal, že existují formálně adekvátnější řešení bez použití kosmologického členu, ovšem současně je nutno se vzdát představy statického vesmíru. I když sám Fridman, považoval tato řešení spíše za matematickou hříčku a i Einstein je z počátku zcela odmítal, dostalo se jim velice brzy nejen všeobecného uznání, ale i empirického potvrzení. Objevily se tak první tři skutečně relativistické a moderní modely vesmíru, které již nebyly statické. Vesmír dostal dynamickou podobu ve formě modelů expandujícího kosmu a začalo se uvažovat o jeho dějinách. V kosmologii se tak poprvé s těmito modely objevuje i nejméně frekventovanější pojem relativistické kosmologie, a to expanze vesmíru. Rovnice zbavené kosmologického členu dávají obraz vesmíru s třemi různými charakteristikami křivosti prostoru, ovšem vždy již nikoli statického, ale rozpínajícího se. Nezávisle na řešeních Fridmanových nabízí r. 1927 belgický kanovník Lemaitre hypotézu o praatomu, z kterého se expanzí zrodil náš vesmír, a jsou to zejména práce tohoto svého času prezidenta

¹⁰V literatuře je možné se setkat s různým způsobem psaní tohoto jména: Friedman, Friedmann, v rusky psané literatuře je však tento Rus s německým jménem uváděn jako Fridman.

Vatikánské akademie věd,¹¹ které pracují s pojmem expanze a uvádějí problematiku rozpínání v širší známost. Fridmanovy práce byly čistě teoretické a neuvažovaly o eventuálních souvislostech s astronomickými pozorováními a na rozdíl od toho Lemaître dokonce předpovídá jev posuvu spektrálních čar ve spektrech galaxií, tedy objev, ke kterému skutečně došlo pouhé dva roky poté.

Třetím slovem k otázce dějin vesmíru v této fázi je objev amerického astronoma E. Hubbla, amerického advokáta, kterého omrzela advokátní praxe. Hubble využil schopností tehdy nového 2,5 metrového teleskopu na Mont Wilson a položil svým pozorování jeden ze základních kamenů empirického charakteru moderní kosmologii. Po několika letech měření spekter galaxií mohl tvrdit, že pozorovaný posuv jejich spektrálních čar k červenému konci (rudý posuv) lze interpretovat Dopplerovým efektem. Jinými slovy, uskutečnil pozorování velkého počtu vzdálených galaxií a ukázal, že všechny se od naší Galaxie vzdalují takovým způsobem, že rychlost jejich vzdalování je přímo úměrná jejich vzdálenosti. Čím vzdálenější galaxie, tím větší rychlost jejího „útlaku“ od pozorovatele. Zpětnou extrapolací tak přichází k představě původního velmi malého objemu, do kterého byl dnešní vesmír koncentrován a z kterého se doposud rozpíná. Tímto empirickým potvrzením předchozích teoretických řešení již nebylo možné dále odsouvat otázku počátku vesmíru a jeho dějin. Nakonec i Einstein uznává svůj omyl a přiklání se k Fridmanovým řešením.

Pozorování „úprku“ galaxií se stala jedním ze základních argumentů empirického charakteru pro myšlenku rozpínajícího se vesmíru. Vyslovené závěry Hubbleových pozorování byly postupně přijaty velkou většinou fyziků, modely prošly dalším vývojem, takže se dnes hovoří o standardním modelu expandujícího vesmíru.

Jak vyplývá i z Fridmanových modelů rozpínání vesmíru, všechny možné typy vesmíru mají společný počáteční bod, tzv.

¹¹Note on de Sitter Universe. *Journal of mathematics and physics*, 5, 1925, Un univers de masse constante et de rayon variable rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. Louvain 1927, L'hypothèse de l'atom primitif. *Essai de cosmogonie*. Neuchatel 1946, Rayons cosmiques et cosmologie. Louvain 1949, L'univers. Louvain 1950.

singularitu, z které se vesmír rozpíná, ovšem budoucnost má každý z těchto vesmírů jinou. Tato budoucnost úzce souvisí s jednotlivými typy metrik, jak je rozdílné modely popisují. Každá varianta možného budoucího vývoje má samozřejmě svá pro i proti, své zastánce i odpůrce.

Zdálo by se tedy, že v případě minulosti, která je v tomto modelu všem uvedeným typům vesmírů společná, není důvod ke sporům. Je to však právě otázka singularity, která vyvolává rozsáhlé diskuse a představuje jednu z největších otázek i pro dnešní kosmologii. V době formulace těchto modelů, tedy ve třicátých letech, však tyto otázky zůstávají vlastnictvím poměrně úzkého okruhu zasvěcenců; i řada fyziků se v té době zabývá spíše aktuálnější problematikou kvantové mechaniky a jaderné fyziky. Nakonec ani společenský vývoj meziválečné Evropy, ve které je — přes Hubbleův objev — stále ještě soustředěna většina mozků, není příliš nakloněn pro rozsáhlejší kosmický výzkum náročný finančně i na mezinárodní spolupráci. Následkem toho řada zásadních prací, které reagují na práce Fridmanovy, Lemaîtreovy, na objev Hubbleův, se objevuje až po válce a částečně v letech čtyřicátých ve Spojených státech i v izolované Anglii. Pro ilustraci několik základních prací z této doby:

V roce 1946 vychází Eddingtonova práce *Foundamental Theory*, která je v současnosti známa jako jeden z prvních popisů číselných koincidencí, které se do současné kosmologie vrací v podobě antropického principu. Téhož roku vychází také práce G. Lemaîtrea *L'hypothèse de l'atom primitif. Essai de cosmogonie*,¹² která uvádí do širšího povědomí problematiku rozpínajícího se vesmíru. V roce 1949 G. Gamow předpovídá existenci kosmologického záření v rámci jím vytvořeného modelu horkého rozpínajícího se vesmíru. Konkurenční hypotézu proti rozpínajícímu se vesmíru stavějí Bondi a Hoyle,¹³ ovšem právě předpověď' reliktního záření a jeho objevení v roce 1965

¹²Neuchatel, Ed. di Griffon.

¹³Např. H. Bondi: *Cosmology*. Cambridge 1952, F. Hoyle: *The Nature of Universe*. New York 1950.

se přičinily o ukončení sporů mezi zastánci expandujícího vesmíru a teorie „steady state“.¹⁴

Teprve až objev reliktního záření (1965) a jeho kosmologická interpretace podle Gamowova modelu znamená vlastně potvrzení konce tisíciletí přetrvávající představy o státnosti vesmíru.

¹⁴Podle F. Hoylea však ani dnes není tato teorie mrtvá, naopak, Hoyle se snaží prokázat, že je nadána, ve srovnání s Einsteinovými rovnicemi v relativistické kosmologii, kromě jiného, i schopností jednodušším a elegantnějším způsobem vysvětlit současný vesmír. Z přednášky F. Hoylea: *The Creation of Matter*, First Plenary Meeting of the European Astronomical Society, 23. 6. 1992. Kromě toho, že svá vysvětlení obohacuje například o řešení objevující se i v inflačních modelech, jsou to stále stejné argumenty. Viz například F. Hoyle: *The Face of the Univers*. San Francisco 1977. I když není v této souvislosti bez zajímavosti poznámka, že v roce 1953 v rámci kosmologie bez počáteční exploze, dokonce bez expanze, Finlay-Freundlich a Max Born předpověděli také záření kosmického pozadí, a to dokonce s větší pravděpodobností než Gamow.

