

Konečné objasnenie vesmíru – kozmozologické a teologické aspekty

Michael Heller

*Ludia sa nakrátko pozastavia nad zákonmi
prírody, ako nad niečím neobsiahnuteľným,
ako to robili starší vo viere v Boha.
A majú aj pravdu, aj sa mýlia.
Avšak starší boli pravdivejší natoľko,
natoľko jasnejšie rozoznali hranice poznania,
zatiaľ čo moderné systémy vytvárajú zdanie,
ako keby všetko už bolo objasnené.*

L. Wittgenstein, Tractatus 6.372

1. Úvod: Problém prvej príčiny

Známa kniha Johna Barrowa *Theories of Everything (Teórie všetkého)* začína otázkou: „Ako, kedy a prečo začal Vesmír existovať?“ (Barrow 1991, 1)¹. Začína prvou kapitolou s názvom „Konečné objasnenie“ („Ultimate Explanation“). Oficiálne boli takéto vysvetlenia po stáročia vedou zamietané, ale teraz sa pomaly znovu objavujú a používajú sa na vzbudenie záujmu verejnosti o vedecké teórie.

Určité konečné objasnenie je obsiahnuté vo vedeckej metóde samotnej. Keď je konfrontovaná s ťažkým problémom, nemôže uniknúť, alebo hľadať vysvetlenie mimo nej samotnej. Inými slovami, pretože všetko, čo je predmetom skúmania vedeckou metódou, je súčasťou „Vesmíru“, Vesmír musí byť objasnený v ňom samom. V tomto zmysle sú vedecké vysvetlenia vždy, prinajmenšom potenciálne, konečnými vysvetleniami. Tento základný charakter vedeckých vysvetlení je čisto metodologický, avšak ľudia, ktorí sa venujú vedeckému výskumu, mu často inštinktívne prisudzujú ontologický vedľajší význam. To je zvlášť viditeľné v kozmológii, kde sa zaoberáme Vesmírom ako určitou entitou, a objasniť Vesmír ako celok pomocou vedeckej metódy, znamená hľadať potvrdenie Vesmíru vo Vesmíre samotnom.

Kozmozologická teória má byť, ako každá iná fyzikálna teória, konzistentná, t. j. logicky súvislá a prinajmenšom nie je v konflikte s empirickými údajmi, ale v kozmológii často potrebujeme, aby model sveta bol navyše kompaktný. Pod týmto výrazom rozumieme nasledovné. Kozmozologické modely majú formu riešenia sústavy určitých diferenciálnych rovníc, a aby sme našli jej riešenie, potrebujeme stanoviť počia-

¹ Keď hovorím o „našom Vesmíre“ píšem ho s veľkým „V“ (ako vlastné meno); keď hovorím o vesmíre (ako o jednom z mnohých možných vesmírov), píšem ho s malým „v“. Žiaľ, nie vždy je tento rozdiel jasný; v tom prípade, mám tendenciu používať malé „v“. V citáciách rešpektujem spôsob autorov.

točné alebo okrajové podmienky. Obyčajne ich určujeme sami. Pretože takéto riešenie zostáva v konflikte so skutočnosťou, že „neexistuje nič mimo vesmíru“, často hovoríme o kozmologickej verzii „Problému prvej príčiny“ (Chao 1993, 67). Teória alebo model sa považuje za kompaktný vtedy, ak stanovenie takýchto počiatočných podmienok nie je nutné. V nasledujúcom budem prezentovať viacero spôsobov, ako to možno urobiť, alebo ako možno tento problém obísť. V tomto kontexte môžeme termín „Prvotná príčina“ rozumiť metaforicky a problém zredukovať na jeho čisto metodologický aspekt, ale ako budeme vidieť, v nedávnej histórii kozmologických diskusií často presahoval metodologické limity a prechádzal do formy filozofických špekulácií.

2. Statické a oscilujúce modely vesmíru

Najstarší spôsob, ako presadiť myšlienku existencie Vesmíru samého od seba (alebo ako obísť problém „prvej príčiny“), je tvrdiť, že Vesmír je „večný“. Toto bol tichý predpoklad mnohých (takmer všetkých) kozmologických úvah v post-Newtonianskej dobe, a keď Einstein v 1917 skonštruoval svoj prvý relativistický model sveta, nemal pochybnosti, že by mal reprezentovať svet bez začiatku a konca. Aby dosiahol tento cieľ, zaviedol do svojich rovníc známu kozmologickú konštantu, a tak našiel pre svoje rovnice statické riešenie, t. j. riešenie, ktoré sa nemení v čase. Aby sme mohli vybrať takéto riešenie spomedzi mnohých ďalších, treba určiť niektoré počiatočné podmienky, ale tie nepredstavujú vážny filozofický problém. Ak vesmír existuje od nekonečna, jeho „počiatočné podmienky“ fakticky nie sú „počiatočné“ (môžu byť vybrané v ktoromkoľvek časovom bode); plnia iba technickú úlohu výberu konkrétneho riešenia spomedzi všetkých iných riešení. V tomto zmysle je statické riešenie, v súčasnosti známe ako Einsteinov statický vesmír, samo-vysvetľujúce.

Avšak takýto spôsob samo-vysvetlenia musí byť v relativistickej kozmológii zamietnutý. Ukázalo sa, že Einsteinov statický vesmír je nestály: Akékoľvek malé vychýlenie modelu by spôsobilo buď jeho kolaps, alebo jeho expanziu. Navyše, čoskoro nato posun meraní galaktického spektra k červenej farbe (ako aj neskoršie dôkazy z pozorovania) potvrdzovali, že náš vesmír nie je statický, ale expanduje, a expanzia vesmíru bezprostredne nastoľuje problém začiatku tohto procesu v čase. Aby sa obišiel tento problém, často sa predkladá myšlienka „večného návratu“ („eternal return“). To predpokladá buď silnejšiu formu, kde čas je reprezentovaný „uzavretou slučkou“ („closed loop“), a každý jav vo vesmíre sa opakuje nekonečne mnohokrát, alebo slabšiu formu, kde vesmír osciluje, a iba jeho stavy sa opakujú v každom nasledujúcom cykle.

To, že silnejšia forma „večného návratu“ je prijateľná v rámci všeobecnej relativity, je demonštrované Gödelovým riešením Einsteinových rovníc (Gödel 1949). Toto riešenie obsahuje uzavreté časové ob-

lúky, slučky, ktoré sa interpretujú ako uzavreté histórie niektorých časťíc alebo pozorovaní (neskôr boli nájdené mnohé ďalšie riešenia, ktoré obsahujú časové slučky, oblúky). Pôvodne to bolo považované za teoretickú kuriozitu (Gödelove riešenie nevysvetľuje efekt červeného posunu), ale čoskoro sa to stalo podnetom pre mnohé filozofické špekulácie. Článok autorov Gott a Li môže byť takým príkladom (Gott a Li 1998). Začína prostým tvrdením: „Otázka prvotnej príčiny trápi filozofov a vedcov viac ako dve tisícročia. To Aristoteles považoval za dostatočne znepokojujúce, a navrhol obísť tento problém tak, že Vesmír existuje večne od nekonečna do nekonečna (rovnako od minulosti ako aj do budúcnosti). Takto to vždy bolo a netreba si klásť otázku, čo spôsobilo, že začal existovať.“ Vo svetle faktu, že v relativistickej kozmológii „modely s pevným začiatkom získavajú preferencie ... problém prvotnej príčiny sa znovu vynára“. Autori tvrdia, že tomuto problému sa možno vyhnúť návratom ku Gödelovej myšlienke. Špekulujú, že v rannom Vesmíre mohla existovať oblasť s uzavretými časovými slučkami, a v tomto zmysle by každá udalosť v rannom vesmíre mala udalosť, ktorá ju predchádzala. „A tak Vesmír by nemusel existovať od nekonečna v minulosti.“ Avšak, aby sa negenerovali patologické následnosti v našej časti časopriestoru, takáto oblasť s uzavretými časovými slučkami by mala „byť už ukončená v súčasnosti“ a navyše separovaná od „našej oblasti“ tým, čo kozmológovia nazývajú „Cauchyho horizont“.

Je to chytrá myšlienka, a ako píšú autori, „nie nutne nekonzistentná“. Avšak, ak predpokladáme, že síce existuje riešenie Einsteinových rovníc, ktoré spĺňa všetky nutné podmienky, zostáva otázka: „prečo bolo práve toto riešenie vybrané spomedzi všetkých možných riešení?“ Myšlienka uzavretých časových slučiek nastoluje tiež niekoľko technických problémov. Porušuje takzvanú stabilnú podmienku príčinnosti (kauzality) (Hawking and Ellis 1973, 198 – 201), ktorá sa zdá byť dôležitou pre fyzikov (Heller 2002)². Faktom je, že článok autorov Gott a Li si nezískal veľa pozornosti zo strany kozmológov.

Myšlienka slabšej formy „večného návratu“ tvrdí, že Vesmír osciluje, t.j. že po každej fáze kontrakcie nasleduje fáza expanzie s „bodom obratu“ medzi týmito fázami. Tento model bol favorizovaný mnohými zástancami večnosti sveta. William Bonnor, horlivý zástanca tejto myšlienky, povedal raz v populárnom rozhovore: „Podľa môjho názoru je prijateľnejšie pripustiť, že keď sa dosiahne stav singularity, začne fungovať určitý mechanizmus, ktorý spôsobuje spomalenie kontrakcie a nakoniec ju obráti. Vesmír je tak uvedený do existencie. Podľa tohto modelu história vesmíru je nekonečná séria oscilácií“ (Bondi et al. 1960, 8). Dôležité však je, že potom ako bola dokázaná veta o singulari-

² Táto podmienka je predpokladom pre akékoľvek meranie priestoru a času. Samozrejme, niekto môže namietat, že v takých extrémnych podmienkach neplatí obyčajná fyzika so svojimi meraniami priestoru a času.

te R. Penrosom, S. W. Hawkingom a inými (Hawking and Ellis 1973) vieme, že v počiatočnej fáze expanzie bol namiesto „obratu“ jediný bod (true singularity), v ktorom by boli všetky pozorovania neplatné a častice by sa zrútili (ak by sme nevzali do úvahy efekty kvantovej gravitácie, ale nateraz sa s týmto nevieme dobre vysporiadať).

Pre potreby tejto diskusie predpokladajme, že „obrat“ nejakو nastane, a že máme oscilujúci vesmír. Ak zahrnieme do tohto scenára aj disipatívne efekty (ktoré sa zdajú byť v realistickom prístupe nevyhnutné³), nastáva asymetria medzi fázou expanzie a kontrakcie (termodynamický ukazovateľ času), následné cykly sú stále väčšie, a ak sa pozrieme dozadu, musíme vidieť, prinajmenšom v určitej triede riešení (Suszycki 1978), problém začiatku celej postupnosti cyklov [diskusie o oscilujúcich modeloch sveta s disipatívnymi efektmi, pozri: (Heller and M. Szydlowski 1983)].

Tu by sme mali spomenúť prácu Franka Tiplera (1980), ktorý rozsiahle polemizoval s opačnou relativistickou klasickou Poincarého hypotézou vesmíru bez návratu.

Predpokladajme (s Tiplerom) priestorovo uzavretý vesmír. V ľubovoľnom časovom priereze (time slice) takého vesmíru možno definovať počiatočné podmienky, ktoré jednoznačne určujú jeho vývoj v čase. Taký prierez sa nazýva globálny Cauchyho povrch. Model sa nazýva periodický v čase, ak obsahuje dva rôzne Cauchyho povrchy, kde počiatočné podmienky sú identické (izomorfné). Nakoľko každý Cauchyho povrch definuje stav vesmíru, model sveta je periodický v čase, ak sa dostane späť do stavu, v ktorom sa už pred tým nachádzal. Tipler dokázal vetu, ktorej fyzikálny obsah môže byť zredukovaný do nasledujúceho výroku: Ak model sveta je (1) priestorovo uzavretý, (2) gravitácia je vždy príťažlivá sila, (3) platí Laplaceov determinizmus, (4) každá krivka v časopriestore, ktorá reprezentuje históriu častic alebo fotónov prinajmenšom zaznamenáva nárast a pokles, potom model sveta nemôže byť periodický v čase⁴.

Ako môžeme vidieť, Tiplerova veta kladie dosť prísne obmedzenia pre myšlienku periodicity v čase v uzavretých modeloch sveta.

3. Regenerujúce sa vesmíry

Hore uvedená diskusia poukazuje na to, že ak by sme chceli mať samo-opakujúci sa samo-generujúci sa vesmír, musel by obsahovať nejaký regeneračný mechanizmus. Táto stratégia bola prijatá kozmológiou ustáleného stavu (steady state cosmology). Bol zavedený kozmologic-

³ Pretože Friedmanove modely sveta sú priestorovo izotropické, skresľujú straty spôsobené viskozitou, a ide o viskozitu veľkého rozmeru, ktorá môže spôsobovať disipatívne efekty.

⁴ To je pretlmočenie Tiplerovej vety pomocou intuitívnych pojmov.

ký stav takmer simultánne v dvoch verziách v r. 1948. Cieľom bolo vytvoriť protiváhu expanzii vesmíru a jeho recesii, ktoré sa neustále vzdávajú od rovnovážneho termodynamického stavu tak, že sa prijal predpoklad vytvárania hmoty z ničoho. Vo verzii, ktorú navrhli Herman Bondi a Tom Gold (1948), sa došlo k tomuto záveru na základe všeobecného predpokladu, ktorý sa nazýva Kozmologický princíp dokonalosti (Perfect Cosmological Principle) (predpokladá, že všeobecný obraz sveta sa nemení v čase), a vo verzii navrhutej Fredom Hoylom (1948) pomocou vhodnej modifikácie Einsteinových rovníc⁵. Bondi zdôrazňuje: „Treba jasne rozumieť, že vytváranie hmoty, o ktorom je tu reč, je formácia hmoty nie zo žiarenia, ale z ničoho“ (Bondi 1960, 144). Ak predpokladáme, že hmota ekvivalentná atómu vodíka sa vytvorí v každom litri objemu každých 5×10^{11} rokov, zabráni sa tým vzniku termodynamickej rovnováhy a garantovaný je ustálený obraz sveta. V takomto prípade je idea „večného vesmíru“ prijateľná.

Ako je dobre známe, objavenie pozadia mikrovlnného žiarenia pozadia v 1965 a neskoršie nahromadenie dôkazov z pozorovania v prospech vývoja Vesmíru prakticky eliminovalo kozmológiu ustáleného stavu z vedeckého sveta [polemiku medzi relativistickou a ustálenou kozmológiou pozri (Kragh, 1996)]. Navyše, ukázalo sa, že Hoylove „kreačné pole“ je len inak interpretovaný štandardný relativistický výraz rozptylu v pomerne špeciálnom riešení Einsteinových rovníc [s konštantným rozsahom koeficientu viskozity (Heller *et al.* 1982)].

Takzvaná inflačná kozmológia, ktorú vytvoril Andrei Linde (1994) a modifikoval Lee Smolin (1997), môže byť v istom zmysle považovaná za novú verziu tej istej ideológie. V tomto prípade však nejde o vznik hmotných častíc, ale o nové vesmíry, ktoré sa neustále rodia. Výsledkom je množstvo trvalo existujúcich vesmírov (často nazývané ako „multivesmír“). Inflačné scenáre (je ich mnoho) predpokladajú prudké rozpínanie sa vesmíru vo veľmi skorom štádiu jeho vývoja. Takéto scenáre sa predvídajú, keď sa kombinujú rôzne teórie alebo modely elementárnych častíc so štandardnými kozmologickými modelmi; riešia tak viaceré predchádzajúce ťažkosti. V chaotickom kozmologickom scenári, vesmír exponenciálne expanduje vo veľmi veľkom rozsahu, pričom sa v niektorých oblastiach vytváraj „bubliny“ a z nich sa rodia nové vesmíry.

V Smolinovej verzii vznikajú nové vesmíry vtedy, keď nastane gravitačný kolaps veľkých hviezd (alebo iných veľkých agregácií hmoty): čierna diera z nášho pohľadu sa stáva bielou dierou „z druhej strany“ a môže byť považovaná za big bang pre zrod nového vesmíru. Ak predpokladáme, že pri každom takom zrode sa trošku pozmenia fyzikálne zákony, „prirodzený výber“ bude favorizovať vesmíry s najlepšou re-

⁵ Hoyle pridal do Einsteinových rovníc výraz, ktorý sa interpretuje ako popis „kreačného poľa“ („creation field“).

produkciou, t. j. vesmíry, ktoré obsahujú veľa čiernych dier. Smolin argumentuje, že náš Vesmír patrí do tejto typickej triedy svetov. To by mohlo vysvetľovať, prečo sme vo Vesmíre napriek faktu, že bolo nutné „vyladovanie“ počiatkových podmienok, aby mohla nastať biologická evolúcia. Je treba poznamenať, že myšlienka mnohých vesmírov bola objavená nezávisle na inflačnej kozmológii, presnejšie pre elimináciu teologického výkladu problému vyladovania. Podľa toho existuje nekonečné množstvo rôznych vesmírov, a my žijeme vo veľmi špeciálnom Vesmíre, pretože v každom inom svete, ktorý sa významne líši od nášho, je život vylúčený [porov: (Leslie 1989)].

Myšlienka multivesmíru oživuje starú ideu večnosti Vesmíru. V tejto novej verzii sa vesmíry rodia a zanikajú, ale ich súbor trvá nekonečne. Charakter oboch týchto myšlienok, čo sa týka ich schopnosti „konečného objasnenia“, je podobný. Niekoľko kritických poznámok vzhľadom na ideu multivesmíru uvediem v 5. časti.

4. Kvantové modely vzniku

Vo všetkých uvedených kozmologických vysvetleniach je Vesmír jednoducho „daný“, ale žiadne z týchto vysvetlení sa nám nesnaží povedať, ako mohol vzniknúť. Z tohto pohľadu sú najviac ambiciózne takzvané modely „kvantového vzniku vesmíru“. Prvý model tohto druhu [ak nepočítame prvý návrh Tryona vzniku sveta z pred tým existujúcich častíc vákua (Tryon 1973)] navrhol Hartle a Hawking (1983)⁶, po ktorom skoro nasledovali ďalšie návrhy [napr. (Vilenkin 1982); prehľad s dobrou diskusiou o konceptuálnom základe vid' (Isham 1993)]. Tento model kombinuje všeobecnú relativitu s kvantovou mechanikou, vhodne ich zovšeobecňuje a ukazuje, že je konečná nenulová pravdepodobnosť, že vesmír v určitom jeho stave mohol „povstať z ničoho“. V pôvodnom článku autorov Hartle-Hawking bola táto stratégia implementovaná nasledujúcim spôsobom.

V teórii kvantových polí sa často používa takzvaná metóda sumy výskytov (sum over histories method), ktorú zaviedol Richard Feynman. Podľa tejto metódy možno vypočítať pravdepodobnosť prechodu kvantového systému zo stavu A do stavu B spočítaním niekoľkých integrálov pozdĺž celej cesty z A do B. Túto metódu nemožno priamo použiť v relativistickom kontexte, ale Hartlovi a Hawkingovi sa to podarilo (po zavedení určitých zjednodušení), a aplikovali ju v kozmológii. Teraz vyvstala otázka: aká je pravdepodobnosť, že vesmír sa dostane do stavu B, keď stav A neexistuje? Autori boli schopní zodpovedať túto otázku za nasledujúcich podmienok: (1) vesmír je priestorovo uzavretý (v tom prípade netreba zvažovať okrajové podmienky); (2) vo veľmi mladom

⁶ Tento model si získal veľkú popularitu vďaka dobre sa predávajúcej Hawkingovej knihe (Hawking 1988).

vesmíre pred Planckovým prahom nastala transformácia $t \rightarrow it$, kde $i = \sqrt{-1}$. Táto transformácia znamená, že čas prestal byť obyčajným časom a získal vlastnosti ďalšej priestorovej dimenzie. Vzhľadom na tento predpoklad nevznikol problém počiatočných podmienok. Ani jeden z týchto dvoch predpokladov nemožno vyvodiť z „prvých princípov“, uvažujeme ich iba preto, aby sme získali funkčný model.

Je treba poznamenať, že tento model vzniku vesmíru nepredpokladá počiatok v čase. Vesmír vzniká, pretože v každom jeho čase možno počítať pravdepodobnosť jeho vzniku z ničoho, ale vesmír nemá počiatok v čase, pretože v jeho najskoršom stave čas vôbec nie je.

Je jasné, že tento model (ako aj všetky ďalšie, v súčasnosti známe, modely kvantového vzniku) predpokladajú existenciu fyzikálnych zákonov. V dôsledku toho, to *nič*, z ktorého vesmír vznikol, musí mať v takom modeli veľmi špecifický význam. Toto *nič* z pohľadu modelu znamená iba, že model o ňom *nič nehovorí*. Model nešpecifikuje, čo existuje mimo neho [podrobnejšie v (Heller 2000)].

5. Multivesmír

V časti 3 sme uviedli, že idea multivesmíru bola prijatá preto, aby nebolo potrebné teologické vysvetlenie tzv. problému nastavenia počiatočných podmienok. Dôležité je, že existencia života na báze uhlíka, hoci len na jedinej planéte, vyžaduje veľmi presné „nastavenie“ počiatočných podmienok pre vývoj Vesmíru: akákoľvek malá odchýlka od tohto nastavenia by spôsobila, že život vo Vesmíre by nebol možný. Napríklad, aby Vesmír neskolaboval vo veľmi krátkom čase, alebo aby sa nerozpíal tak rýchlo, že vznik galaxií, hviezd a planét by nebol možný, „nastavenie“ jeho počiatočnej rýchlosti rozpínania musí mať presnosť na $1/10^{55}$. Navyše život na báze uhlíka vyžaduje veľmi precízne „vybrané“ fyzikálne zákony. Ako poznamenáva Marin Rees, „...základné zákony, ktoré riadia stavbu atómov a molekúl, sú ‚dané‘, a nič živé ich nemôže modifikovať“ (Rees 1997, 244). Klúčovou z tohto pohľadu je rovnováha medzi elektrickými a atómovými silami, ktorá riadi stabilitu atómu. „Keby atómové sily boli len o máličko *slabšie*, žiadne chemické prvky okrem vodíka by neboli stabilné a neexistovala by jadrová energia, ktorá by udržiavala v pohybe hviezdy. Naopak, keby atómové sily boli len o máličko *silnejšie*, ako práve sú v pomere k elektrickým silám, dva protóny by sa veľmi ľahko zrazili tak, že obyčajný vodík by nemohol existovať a hviezdy by sa vyvíjali úplne odlišne“ (*ibid.*).

Ponúkajú sa dve vysvetlenia týchto „náhod“: buď (1) Vesmír bol tak zámerne vytvorený, alebo (2) existuje veľké množstvo vesmírov (možno nekonečný počet), a my žijeme v jednom veľmi špeciálnom (s veľmi presne nastavenými počiatočnými podmienkami), pretože v žiadnom inom vesmíre by sa život nemohol vyvinúť. John Leslie sa sústreďil na túto alternatívu: „Argument plánovania je argument v prospech uznania reality Boha, založený na fakte, že vesmír veľmi vyzerá ako by

bol zámerné naprojektovaný. Argument mnohých svetov vychádza z toho istého faktu. Avšak prichádza k záveru, že existuje veľa vesmírov s malým v – sovietski kozmológovia ich niekedy nazývali „metagalaxie“ – vo vnútri Vesmíru s veľkým V , ktorý je celý Realitou. ... Kým hypotéza mnohých svetov (alebo množiny svetov) je impozantne silná, hypotéza existencie Boha je životaschopná alternatíva“ (Leslie 1989, 1).

Nakoľko idea multivesmíru bola nedávno široko publikovaná [napr. (Tegmark 2003a, b)], zdá sa byť vhodné pozrieť sa na ňu trochu bližšie.

Po prvé, uvažujme ako možno vytvoriť iný vesmír? Možno to urobiť jedným z nasledujúcich spôsobov:

- a) zmenou počiatočných podmienok, alebo iných parametrov, ktoré charakterizujú Vesmír;
- b) uvažovaním každého riešenia nejakých kozmologických rovníc (najčastejšie Einsteinove rovnice), ktoré by reprezentovalo konkrétny vesmír;
- c) zmenou základných konštánt, alebo zmenou fyzikálnych zákonov.

Týmto nie sú vyčerpané všetky metódy; možno nájsť veľa spôsobov ako vytvoriť nové svety (napr. realistickou úpravou Everett-Vhellerového typu interpretácie kvantovej mechaniky). Rozdiel medzi týmito metódami tiež nie je taký zrejmy.

Na jednej strane počiatočné podmienky určujú konkrétne riešenie sústavy kozmologických rovníc, a v tomto zmysle sa navzájom podmieniajú. Na druhej strane, počiatočné podmienky a parametre charakterizujúce vesmír vyplývajú z fyzikálnych zákonov, a preto nemožno o nich uvažovať úplne oddelene. Navyše, v kozmológii existuje tendencia vytvoriť taký model sveta, ktorý by vôbec nepotreboval počiatočné podmienky, alebo v ktorom by počiatočné podmienky boli jednoznačne určené fyzikálnymi zákonmi. Možno si predstaviť situáciu, v ktorej počiatočné podmienky vzťahujúce sa na celý vesmír, sú v súlade s fyzikálnymi zákonmi. Boli navrhnuté rôzne mechanizmy pre vytváranie multivesmíru podľa hore uvedených návodov, napr. Lindeova chaotická inflácia, alebo Smolinova generácia svetov v gravitačných kolapsoch.

Všimnime si, že metódy (a) a (c) sú založené na tichom predpoklade, že ak sa porušia počiatočné podmienky sústavy kozmologických rovníc, získame inú dobre fungujúcu „kópiu“ kozmického vývoja, a že ak zmeníme hodnotu fyzikálnej konštanty alebo fyzikálny zákon, získame iný rovnako prijateľný vesmír. Toto je sporný predpoklad. Zostáva tu ostrý kontrast s trendom, ktorý sa ukazuje v modernej histórii fyziky – s trendom k jednote. Ako je dobre známe, tí teoretici, ktorí hľadajú Teóriu všetkého (TOE – Theory of Everything), t. j. teóriu, ktorá by spájala gravitáciu s kvantovou fyzikou, vrátane všetkých základných fyzikálnych interakcií, často tvrdia, že by mohla existovať jedna logicky prijateľná teória takéhoto druhu. Nepripustila by žiadnu kolíziu; každé narušenie tejto teórie by ju zničilo úplne. V tomto zmysle by bola takáto teória veľmi potrebná.

Majúc na zreteli Gödelovu vetu o neúplnosti (a iné takzvané limitujúce vety), môže sa nám zdať, že hore uvedená idea je príliš náročná. Je pravdou, že pre fyziku nie sú jasné dôsledky viet takého typu, ako je Gödelova. Avšak odhadujem, že aj keď takéto vety zavedú do fyziky určité obmedzenia, fyzikálne zákony budú mať ešte stále maximálne prijateľný stupeň logickej konzistencie. Keby tomu tak bolo, bolo by skôr ťažšie narušiť matematickú štruktúru vesmíru bez toho, že by sa vážnym spôsobom poškodila.

Tieto pomerne vágne idey by sme sa mohli pokúsiť formulovať nasledovne. Uvažujme proces „redukovania“ teórie T1 na teóriu T2, napríklad povolením hodnoty pre parameter k po určitú „limitujúcu hranicu“. Ak uvažujeme opačný proces, môžeme povedať, že teória T2 je deformovaná na teóriu T1, a že k je parameter deformácie. Pre určité matematické štruktúry môže byť deformačná procedúra striktnie definovaná (obvyčajne, deformácia nie je jednoznačná). Zhruba povedané, štruktúra sa nazýva stabilnou vzhľadom na určitý deformačný parameter, ak výsledkom každej deformácie podľa tohto parametra je znovu tá istá štruktúra [napr. viď (Gerstenhaber 1964, Roger 1991)].

Ak použijeme túto terminológiu, potom môžeme požadovať od TOE (teórie všetkého), aby jej matematická štruktúra bola pevná vzhľadom na všetky možné deformačné parametre. V tomto prípade však návod (c) jednoducho nefunguje, teda nie je žiadna šanca modelovať iné vesmíry pomocou tejto modifikácie.

6. Paradoxy nekonečna

Nekonečno vytvára paradoxy. Špeciálne v kozmológii spôsobujú veľa problémov. Ak by Vesmír siahal do nekonečna, alebo ak by existoval nekonečný počet rôznych vesmírov, paradoxy by neboli iba záležitosťou nášho pochopenia, ale mali by vplyv aj na to, čo sa reálne deje. Tegmark píše: „Ak by vesmír bol nekonečný a rozloženie hmoty vo veľkom priestore by bolo dostatočne rovnomerné, potom aj ten najmenej pravdepodobný jav by musel niekde nastať. Predovšetkým by bolo nekonečne veľa iných obývaných planét a na nich nielen jeden, ale nekonečne veľa ľudí toho istého vzhľadu, s tou istou pamäťou ako vy“ (Tegmark 2003a). Teoretický základ týchto špekulácií je ergodickým uzlom počiatočných podmienok vesmíru. To znamená, že pravdepodobnosť rozdelenia výsledkov v danom objeme vo vnútri multivesmíru je taká istá, ako pre rôzne objemy v jednom vesmíre za predpokladu, že každý prvok-svet multivesmíru vznikol na základe náhodných počiatočných podmienok. Z toho vyplýva, že – ako to vyjadruje Tegmark – „všetko, čo by sa v princípe mohlo udiť, sa už fakticky niekde inde stalo“. Podľa tohto „extrémne konzervatívneho odhadu“ v nekonečnom vesmíre „najbližšia identická kópia vás“ sa nachádza vo vzdialenosti okolo $10^{10^{29}}$ m (*ibid.*).

Voči týmto špekuláciám možno formulovať nasledujúce námietky:

Sú založené na štandardnom koncepte pravdepodobnosti (s ďalším predpokladom, že máme k dispozícii vhodnú mieru pravdepodobnosti v množine vesmírov) a vôbec nie je isté, že tento koncept je platný vo všetkých úrovniach fyzikálnej reality.

Sú založené na naivnom koncepte nekonečna. Nekonečno nemôžeme považovať iba za „veľmi veľmi veľký počet“, ale za niečo, čo je veľmi odlišné od každého počtu. Uvedomujúc si túto skutočnosť, mali by sme byť prinajmenšom menej sebavedomí, keď hovoríme o nekonečne v kozmológii, ako často sme.

Nemožno vylúčiť, že na vyššej organizačnej úrovni (ako je inteligentný život), môžu platiť určité „princípy individualizácie“, ktoré vylúčia akékoľvek „opakovanie“ toho istého individua. Nemali by sme zabudnúť, že napríklad v množine reálnych čísel takýto „individualizačný princíp“ platí: každé číslo je individuálne, ktoré sa nikdy neopakuje v celej (nespočítateľnej) nekonečnej množine reálnych čísel. V tomto prípade „individualizačný princíp“ pramení z oboch špeciálnych vlastností z daného čísla a z jeho zaradenia v celej množine.

Dovedme túto myšlienku do extrému. Pridaním niekoľkých rádov do hodnoty exponentu, vyjadríme pravdepodobnosť daného výsledku, že získame vesmír, ktorý si želáme, napríklad vesmír (fakticky, nekonečný počet vesmírov), kde kresťanské a moslimské (alebo akékoľvek ďalšie) zjavenie (náboženstvo) sa vyskytuje čírou náhodou. Je určitá iracionalita v tejto myšlienke. Ak vezmeme do úvahy, že je to založené na matematickom odôvodňovaní, a že matematika sa často považuje za synonymum racionality, môže z toho vyplývať, že niektorý z našich predpokladov je buď chybný, alebo zle interpretovaný.

7. ...mimo sveta?

Ludská bytosť má silný inštinkt pre istotu – všetko by sme chceli vidieť bez tieňa pochybnosti. Avšak, akokoľvek je takéto poznanie nedosiadateľné, túžime všetko dokázať. Náš nevy povedaný sen je, mať nejaký axiomatický systém, kde by všetky axiómy a odvodzovacie pravidlá bolo možné dokázať a nie ich iba jednoducho akceptovať. Tento inštinkt je obzvlášť pozorovateľný v honbe fyzikov za fundamentálnou fyzikálnou teóriou a v pokuse kozmológov definovať Vesmír pomocou jeho vlastných charakteristík. Dejiny fyziky a kozmológie v novoveku možno považovať za kráľovskú cestu vedúcu k tomuto cieľu. Zdá sa, že sme nikdy neboli tak blízko k jeho implementácii ako teraz. Mnohým vedcom sa zdá, že cieľ je už veľmi blízko, na dosah ruky, iba za rohom. Avšak, keď urobíme krok dopredu, môžeme jasne vidieť, že je tam skrytý ďalší predpoklad, ďalšia neoverená hypotéza. Naše teórie a naše objavy neustále potvrdzujú svoj charakter: „ak ..., potom ...“ To jedno nechcené „ak“ môžeme odstrániť iba vtedy, keď ho nahradíme mnohými novými „ak“.

Literatúra

- [1] Biane, Ph. 1998 „Free Probability for Probabilists“, math. PR/9809193.
- [2] Barrow, J. 1991 *Theories of Everything*, Oxford: Clarendon Press.
- [3] Bondi, H., Bonnor, W. B., Lyttleton, R. A. and Whitrow, G. J. 1960 *Rival Theories of Cosmology*, London – New York – Toronto: Oxford University Press.
- [4] Bondi, H. 1960 *Cosmology*, second edition, Cambridge: Cambridge University Press.
- [5] Bondi H. and Gold, T. 1948, „The Steady-State Theory of the Expanding Universe“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108, 252 – 270.
- [6] Chao, W. Z. 1993 *No-Boundary Universe*, Changsha: Hunan Science and Technology Press.
- [7] Einstein, A. 1917 „Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie“, *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss.* 1, 142 – 152.
- [8] Gerstenhaber, M. 1964 „On the Deformation of Rings and Algebras“, *Annals of Mathematics* 79, 59 – 103.
- [9] Gott, J. R. III and Li, L-X. 1998 „Can the Universe Create Itself?“ *Phys. Rev.* D58, 23501 – 23543.
- [10] K. Gödel, K. 1949 „An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein’s Field Equations of Gravitation“, *Reviews of Modern Physics* 21, 447 – 450.
- [11] Hartle, J. B. and Hawking, S. W. 1983 „Wave function of the universe“ *Physical Review* D28, 2960 – 2975.
- [12] Hawking, S. W. and Ellis, G. F. R. 1973 *The Large Scale Structure of the Universe*, Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge.
- [13] Hawking, S. W. 1988 *A Brief History of Time*, Toronto – New York – London: Bantam Books.
- [14] Heller, M. 2000 „Cosmological Singularity and the Creation of the Universe“, *Zygon* 35, 665 – 685.
- [15] Heller, M. 2002 „Time of the Universe“, in G. F. R. Ellis (ed.), *The Far-Future Universe*, Philadelphia – London: Templeton Foundation Press, 53 – 64.
- [16] Heller, M. 2004 „Algebraic Self-Duality as the ‘Ultimate Explanation’“, *Foundations of Science*, in press.
- [17] Heller, M., Ostrowski, M. and Woszczyzna, A. 1982 „Steady-State Versus Viscous Cosmology“, *Astrophysics and Space Science* 87, 425 – 433.
- [18] Heller, M. and Szydłowski, M. 1983 „Tolman’s Cosmological Models“, *Astrophysics and Space Science* 90, 327 – 335.
- [19] Hoyle, H. 1948 „A New Model for the Expanding Universe“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108, 372 – 382.
- [20] Isham, C. J. 1993 „Quantum Theories of the Creation of the Universe“, in R. J. Russell, N. Murphy and C. J. Isham (eds.), *Quantum Cosmology and the Laws of Nature*, Vatican City State: Vatican Observatory Publications, Berkeley: The Center for Theology and the Natural Sciences, 49 – 89.
- [21] Kragh, H. 1996 *Cosmology and Controversy*, Princeton: Princeton University Press.
- [22] Lambert, D. 2002 „Le principe de Shahn Majid: ver une structure *a priori* de la

- théorie ultime”, in: J.-F. Malherbe (ed.), *La responsabilité de la raison*, Louvain-la-Neuve: Éditions de l’Institut Supérieur de Philosophie, Paris: Éditions Peeters, 177 – 195.
- [23] Leslie, L. 1989 *Universes*, London – New York: Routledge.
- [24] Linde, A. 1994 „The Self-Reproducing Inflationary Universe“, *Scientific American* 5, 32 – 39.
- [25] Majid, S. 1991 „Principle of Representation – Theoretic Self-Duality“, *Physics Essays* 4, 395 – 405.
- [26] Majid, S., 1995 *Foundations of Quantum Groups*, Cambridge: Cambridge University Press (paperback in 2000).
- [27] Rees, M. 1997 *Before the Beginning*, London – Sidney – Toronto: A Touchstone Book.
- [28] Roger, C. 1991 „Déformations algébriques et applications à la physique“, *Gazette de Mathématiciens* no 49, 75 – 94.
- [29] Smolin, L. 1997 *The Life of the Cosmos*, New York – Oxford: Oxford University Press.
- [30] Suszycki, L., 1978 „Cosmological Models with Bulk Viscosity“, *Acta Cosmologica (Cracow)* 7, 147 – 159.
- [31] Tegmark, M. 2003a „Parallel Universes“, astro-ph/0302131; to appear in J. D. Barrow, P. C. W. Davies and C. L. Harper (eds.) *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [32] Tegmark, M. 2003b „Parallel Universes“, *Scientific American*, May 2003, 40 – 51.
- [33] Tipler, F. J. 1980 „General Relativity and Eternal Return“, in F. J. Tipler (ed.) *Essays in General Relativity – A Festschrift for Abraham Taub*, New York – London: Academic Press, 21 – 37.
- [34] Tryon, E. P. 1973 „Is the Universe a Vacuum Fluctuation?“ *Nature* 246, 396 – 397.
- [35] Vilenkin, A., 1982 „Boundary Conditions in Quantum Cosmology“, *Physical Review D* 33, 3560 – 3569.
- [36] Voiculescu, D. V., Dykema, K. J. and Nica, A. 1992 *Free Random Variables*, Providence: American Mathematical Society, CRM Monograph Series.
- [37] Wittgenstein, L. 2000 *Tractatus Logico-Philosophicus*, London – New York: Routledge.

Profesor Michael Heller, Filozofická fakulta, Pápežská teologická akadémia, Krakov, Vatikánske observatórium, Vatikán