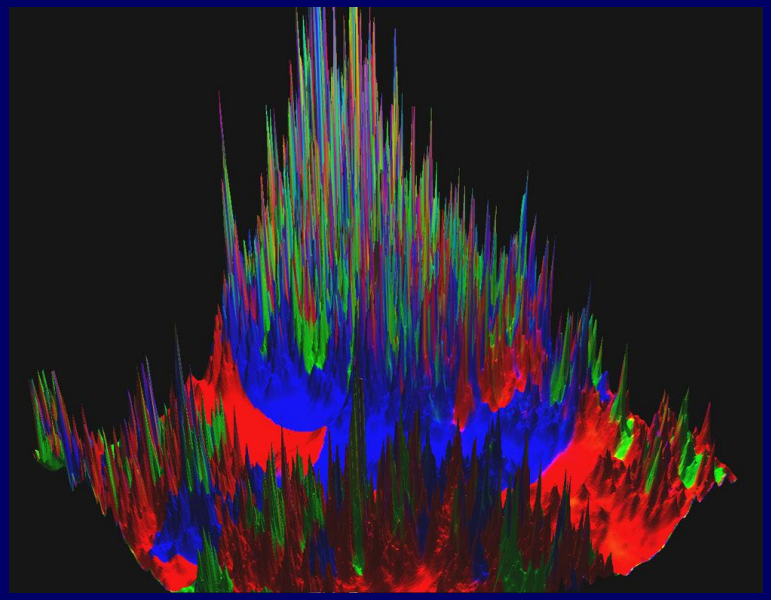
Multiverzum ali vendarle … Univerzum?

(Sodobna kozmologija med fiziko in metafiziko, II. predavanje)

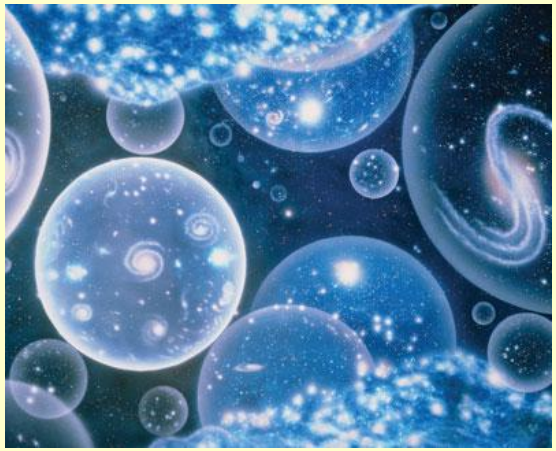


Marko Uršič, Filozofija narave, FF, 2009

Multiverzum (mnoga vesolja/univerzumi) – odkod ta misel?

Teoretično so na voljo različni možni "scenariji", ki jih ponuja sodobna fizika za nastanek mnogih vesolij:

1. vesolja (ali regije Vesolja) niso vzročno povezana, če se njihovi pretekli svetlobni stožci ne prekrivajo, torej so dejansko ločena (tj. "klasična" zamisel, njen izvor je Einsteinova teorija relativnosti);
2. vesolja so raz-ločena v času zaradi cikličnih ponovitev "prapokov", tako da med njimi ni vzročnih povezav oz. se ohranjajo le nekatere osnovne fizikalne količine, kakor v črnih luknjah (zgodnji John Wheeler, sodobna modifikacija ciklične teorije: Steinhardt & Turok);
3. vesolja se porajajo iz različnih "lomov simetrij" v procesu "večne inflacije" oz. "napihovanja" (Andrei Linde, Alexander Vilenkin, Martin Rees);
4. vesolja se razvijajo vzdolž vzporednih vej "vesoljne valovne funkcije" (sledeč "mnogosvetni" interpretaciji kvantne fizike: Hugh Everett, v zadnjem času David Deutsch);
5. vesolja (nič manj kot ~10^{500} vesolij) naseljujejo "Vesoljno Pokrajino" (zamisel, ki izvira iz sodobnih "teorij strun": Leonard Susskind, Steven Weinberg …).



"multiverzum"? (s spleta)

Vse te teorije mnogih vesolij (razen prve, pri kateri pa niti ne gre za pravi multiverzum) so še povsem hipotetične.

Primerjava “mnogih svetov” v **modalni logiki** in kozmologiji

“Mnogi svetovi” v kozmologiji (=mnoga vesolja, multiverzum) morajo biti dejanski, *realni* (MU-hp), če hočemo, da ima antropično načelo (AN) razlagalno moč za “natančno umerjenost” (NU) našega vesolja – kajti, le kako naj bi “učinek opazovalnega izbora” (UOI), ki deluje “slepo”, brez nekega zavestnega “Izbiralca” oz. ”Načrtovalca”, pa tudi brez vsakega *télosa*, “izbral” ravno pravšnje parametre za naše vesolje, če *ne* bi bila domena izbora realni multiverzum, ampak zgolj možni? Takšna razlaga se ne bi “izšla”, saj ne bi bila nič bolj verjetna od same (NU).

V sodobni semantiki modalne logike je znano nasprotje med modalnim realizmom “možnih svetov” (**David Lewis**) in aktualizmom, tj. razumevanjem “možnih svetov” kot neaktualiziranih, neudejanjenih, zgolj “protidejstvenih stanj” (**Saul Kripke**). Če te “svetove” interpretiramo v kozmologiji kot “vesolja”, potem za razlago (NU) z (AN) oziroma z (UOI) pride v poštev samo Lewisov modalni realizem, ki pa je zelo spekulativen, saj trdi, da je *prav vsak* “možni svet” nekje/nekoč/na neki način tudi *uresničen*.

Kozmološki multiverzumi v funkciji (AN) sicer ne zahtevajo neskončno mnogo vesolij (tj. “prav vsa vesolja”), vendar je njihovo število zaradi tolikšnih možnosti različnih vrednosti fizikalnih parametrov “praktično neskončno” (kot smo videli, v Susskindovi “Vesoljni Pokrajini” naj bi bilo ~10^{500} vesolij).

David Lewis je z “modalnim realizmom” vsekakor vplival na zagovornike kozmološkega multiverzuma:

“Vselej je toliko različnih načinov (*ways*), kako bi svet lahko bil; in eden od teh mnogih načinov je način, kako ta svet je. – Ali obstajajo drugi svetovi, ki so drugi načini? Jaz pravim, da obstajajo. Zagovarjam tezo mnoštva svetov ali *modalni realizem*, ki trdi, da je naš svet le en svet med mnogimi. […] Svetovi so nekaj takšnega kakor daljni planeti, čeprav so večinoma precej večji od planetov in sploh niso daljni. Niti niso bližnji. Od *tu* jih ne loči nobena prostorska razdalja. Niti niso nekje daleč v preteklosti ali v prihodnosti, a tudi blizu ne; od *zdaj* jih ne loči nobena časovna razdalja. Povsem ločeni so in med stvarmi, ki pripadajo različnim svetovom, sploh ni nobenih prostorsko-časovnih povezav. Nič, kar se zgodi v enem svetu, ne more povzročiti nekaj, kar se zgodi v drugem. […] Dejansko obstaja toliko drugih svetov, da je absolutno *vsak* način, kako bi svet lahko bil, tudi način, kako kak drug svet *je*.”

(D. Lewis, *On the Plurality of Worlds*, 1986, str. 2, podč. M. U.)

Hierarhija multiverzumov …?

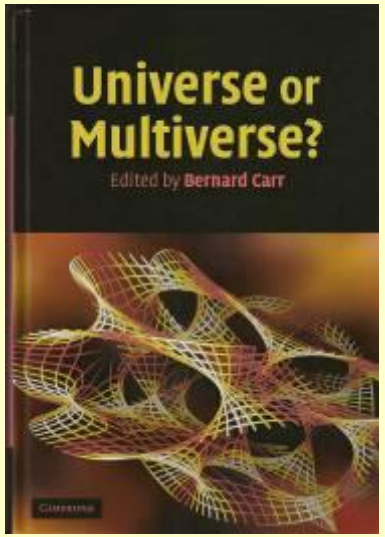
Max Tegmark, ameriški fizik, astronom in računalniški navdušenec, je eden izmed najbolj prepričanih privržencev multiverzuma. O tem, ali multiverzum obstaja ali ne, sploh ne dvomi, ampak se sprašuje, koliko različnih ravni imajo multiverzumi. Sam predlaga štiri ravni:

I. Multiverzum različnih vesolij (univerzumov), ki naj bi nastala iz kvantnih fluktuacij v "prvotnem inflatornem polju"; regije tega polja naj bi zaradi nadsvetlobno hitrega raztezanja prostora v fazi napihovanja izgubile medsebojno vzročno povezavo; ta zdaj ločena vesolja se lahko znatno razlikujejo med seboj zaradi različnih začetnih pogojev, tj. različnih kvantnih fluktuacij, iz katerih so nastala [na primer, v našem vesolju je prostor "raven" (tj. evklidski; ali vsaj skoraj raven), v nekem drugem vesolju pa bi bil lahko znatno ukrivljen].

II. Multiverzum, v katerem se vesolja ne razlikujejo samo zaradi različnih začetnih pogojev kot na ravni (I), ampak tudi po različnih fizikalnih zakonih, ki vladajo v njih, natančneje, po "efektivnih" (*effective*) fizikalnih zakonih [na primer, lom svetlobe v optični prizmi bi bil lahko v nekem drugem vesolju drugačen].

III. Multiverzum naj bi nastajal iz "vesoljne valovne funkcije" po scenariju "mnogosvetne" interpretacije kvantne mehanike, ki si ga je izmislil Hugh Everett, pozneje pa ga je posodobil in povezal z informacijsko teorijo David Deutsch; vesolja naj bi obstajala "vzporedno", kakor v modalnem realizmu Davida Lewisa ali v fantastični prozi Jorgeja Borgesa. Tegmark meni, da v (III) variacije ne bi bile večje kot na ravni (I), le dogajale bi se "vzporedno", "tu".

IV. Multiverzum(i), v katerem/-ih niso različni samo "efektivni" fizikalni zakoni, kakor na ravni (II), ampak tudi *temeljni* zakoni, katerih oblika je odvisna od "podležečih" matematičnih in/ali logičnih struktur (na primer od različnih topologij, različnih aksiomov ipd.). S tem se seveda odpirajo tako rekoč neomejene možnosti variacij … [na primer, da bi bila znamenita Einsteinova enačba: $E = mc^3$].



Obsežna interdisciplinarna zbirka razprav o multiverzumu, ur. Bernard Carr (Cambridge Univ. Press, 2007).

Toda – ali imamo kako **empirično evidenco**, da obstaja *vsaj eno* drugo vesolje?

V strogem pomenu nimamo nobene tovrstne evidence, kajti vse, kar v kozmologiji dandanes empirično vemo (rdeči premiki, prasevanje itd.), prihaja iz *našega* Vesolja.

Kljub temu pa kozmologi v zadnjem času razpravljajo, kako bi lahko *indirektno* zaznali obstoj kakega drugega vesolja, in se pri tem navezujejo zlasti na "teorijo bran", ki je nadgradnja kvantne "teorije strun" (angl. *brane* je posplošitev izraza *membrane*: 2D→3D itd.).

- Če je naš vesoljni prostor-čas 3D-brana, ki "lebdi" v večdimenzionalnih prostorih-časih, vse do 11D (10+1) v "M-teoriji", tedaj so po tej teoriji fotoni *odprte strune*, tj., njihovi konci so "zlepljeni" z našo brano, tako da je – svetlobna sevanja – ne morejo zapustiti, medtem ko so gravitoni, domnevni kvanti gravitacije, *zaprte strune*, ki nimajo (prostih) koncev in zato niso ujeti v posamezne brane.
- To lastnost gravitonov bi bilo načelno mogoče empirično preveriti, analogno s "Kazimirjevim učinkom" (zmanjšanjem fluktuacij med dvema kovinskima ploščama – v primeru gravitacije med dvema "vzporednima" 3D-branama), in pozitivni rezultat takšnega eksperimenta bi razložil tudi to, zakaj je gravitacija tako šibka v primerjavi z drugo daljnosežno silo, elektromagnetno.

Brian Greene razlaga: "Prek gravitacijske sile bi potekal medsebojni vpliv na dodatne dimenzije. V takšnem scenariju bi le gravitacija segla onkraj naših treh prostorskih dimenzij." (*Tkanina Vesolja*, žepna izd. 2006, str. 459)

Da, to pogojni drži: *če* obstajajo druge fizične dimenzije, potem je sklepanje, da obstaja *vsaj eno* drugo vesolje, bolj verjetno – vendar:

1. gravitoni sploh še *niso* bili odkriti; in tudi "M-teorija" strun/bran je še *hipotetična*;
2. korak od odkritja *drugih* dimenzij prostora-časa ali od odkritja *vsaj enega* drugega vesolja – do neznansko velike "Pokrajine" multiverzumov, o katerih govorijo Susskind, Tegmark idr., ostaja *zelo spekulativen*.

Morda pa je možna **statistična verifikacija** (ali vsaj) falsifikacija multiverzuma?

Nakateri znani kozmologi, ki podpirajo “hipotezo multiverzuma” (MU-hp), na primer **Steven Weinberg**, Martin Rees, Leonard Susskind, Don Page, Nick Bostrom idr., menijo, da je mogoče to hipotezo indirektno preveriti s statističnimi metodami, ki jih lahko uporabimo na že razpoložljivih fizikalnih podatkih.

- Najbolj raziskovani parameter je “kozmološka konstanta” (Λ), katere dejanska (izmerjena) vrednost je ~10^{120} krat manjša od njene teoretično pričakovane vrednosti, to pa bi bilo težko zgolj “srečno naključje”. V skladu z “antropičnim razmišljanjem” (AR) in statističnimi pričakovanji (tj. zakonom “normalne distribucije”), pa dejanska vrednost Λ ne sme biti pregloboko pod najvišjo vrednostjo, ki še omogoča življenje – sicer bi zelo verjetno obstajal kak drug, še neznan, “neantropičen” *vzrok* njene *preveč* “natančno umerjene” majhnosti – in glej: vrednost Λ je res takšna, tj. blizu pod “antropičnim” pragom, torej statistično potrjuje (AR) in z njim, posredno, tudi (MU-hp).
- *Nota bene*: Poanta je v tem, da bi bila statistična posledica (AR) oziroma (MU-hp) lahko *že* empirično falsificirana, kar pa se ni zgodilo, saj je “vzdržala” vse dosedanje relevantne meritve.

Don N. Page pravi: “Eden izmed pogostih argumentov proti multiverzumu je ugovor, da je multiverzum neopazljiv […], toda neko teorijo lahko preizkusimo s tem, da njene neopazljive entitete razložijo in napovejo opazljive.”

(Gl.: *Universe or Multiverse*, str. 412-13, podčr. M. U.)

Težave z **definicijo "opazovalcev"**, problem "čudnih opazovalcev" (angl. *freak observers*)

Kako visoko naj postavimo "najvišjo vrednost [recimo, Λ], ki še omogoča/dopušča življenje" (in/ali opazovalce), to je očitno odvisno od definicije – oziroma domene – možnih opazovalcev.

- Pri tem se porajajo vprašanja, kot na primer: Ali so zavestni opazovalci nujno sestavljeni iz ogljikovih spojin, tako kot mi? Odgovor: verjetno to ni nujno. Toda, če gremo dalje: Ali morajo biti sestavljeni iz fermionov (delcev snovi), ne zgolj iz bosonov (delcev energije)? Verjetno da, vsaj s stališča znanosti (namreč, če iz te diskusije izključimo angele, "stkane iz čiste luči" ipd.)

Kajti, če je domena možnih opazovalcev preširoka, potem lahko razložimo z "antropičnim razmišljanjem" (AR) tako rekoč vse (tj. vse možne vrednosti fizikalnih parametrov), kar bi pomenilo, da (AR) dejansko nima nobenega (selektivno) razlagalnega pomena.

- Toda tudi če omejimo domeno možnih opazovalcev, recimo na življenje, ki temelji na ogljikovih spojinah, ostaja neka druga težava: Ali so tudi v tej, sicer omejeni domeni t.i. "čudni opazovalci" (*freak* angl. pomeni "spaček"), na primer "goli možgani" brez telesa, *številnejši* od "normalnih opazovalcev", tj. človeških bitij ter kakih inteligentnih "človečnjakov" iz drugih planetov ipd.?

Z namenom, da bi se izognili temu "čudnemu problemu", sta **Garriga & Vilenkin** (2003) predlagala "načelo povprečnosti" (NP), angl. *Principle of Mediocrity*, ki postulira/zahteva, da je "naša civilizacija tipična v množici vseh civilizacij v univerzumu" (gl. *Universe or Multiverse?*, str. 345). – Če pa nam to zveni preveč spekulativno, lahko odpravimo težavo "čudnih opazovalcev" tudi z metodološko ekvivalentno "podmeno sámovzorčenja" (PS), angl. *Self-Sampling Assumption*, ki jo predlaga oksfordski filozof **Nick Bostrom**:

- "Razmišljati moraš tako, kakor da si poljubni primerek (*random sample*) v množici vseh opazovalcev tvojega referenčnega razreda (*reference class*)."

(N. Bostrom, *Anthropic Bias*, 2002, str. 57.)

- S "podmeno sámovzorčenja" (PS), ki je pravzaprav le bolj sofisticirana varianta že omenjenega "učinka opazovalnega izbora" (UOI), so "čudni opazovalci" ("freaki") izključeni iz statistično relevantnega dela domene vseh možnih opazovalcev.

Metodološki problemi “multiverzumov” (MU-hp), ki izhajajo iz **teorije množic**

Nekateri epistemološko še posebej zanimivi prispevki k tematiki (MU-hp), npr. razprave Georga Ellisa, Leeja Smolina, Anthonyja Aguirra idr. (gl. *Universe or Multiverse?*), uporabljajo metodo teorije množic za deskripcijo in analizo multiverzuma/-ov.

- Tudi W. **Stoeger** & G. **Ellis** & U. **Kirchner** v zanimivi razpravi *Multiverses and Cosmology: Philosophical Issues* (2006) ugotavljajo, da moramo najprej definirati množico ***M*** vseh možnih univerzumov *m*, potem distribucijsko funkcijo *f*(*m*), ki znotraj ***M*** izbere dejanske (angl. *actual*) univerzume, in nazadnje še kriterij (tudi funkcijo), ki določi “antropično” podmnožico znotraj “dejanskih” univerzumov. Toda pri tem naletimo na precejšnje težave:
- “Ko govorimo o multiverzumih ali množinah (*ensembles*) univerzumov – možnih ali dejanskih – se neizogibno pojavi problem neskončnosti. Teoretiki si pogosto zamislijo *neskončno* množico (*infinite set*) univerzumov, v kateri so udejanjene/realizirane vse možnosti. Toda, ali lahko obstaja neskončna množica resnično eksistirajočih univerzumov? Mi trije domnevamo, da je odgovor na to vprašanje najbrž ‘Ne’.” (S&E&K, str. 13).

Glavna metodološka težava glede neskončnosti je v tem, da se iz teorije množic v kozmološke modele multiverzuma/-ov prenesejo nekatere variante znanih logičnih paradoksov (Russellov paradoks, Burali-Fortijev paradoks največjega ordinalnega števila idr.), kajti: Kaj naj rečemo o logični možnosti obstoja neskončnega “Multiverzuma vseh univerzumov”? Ali obstaja kak zadnji, najvišji, “absolutni” **U**niverzum – ali pa je ta pojem *eo ipso* logično protisloven (paradoksen)? … Namreč tako, kakor je protislovna “**M**nožica vseh množic”, ki vodi v logične paradokse.

Analogen problem nastane pri vprašanju neskončne raznolikosti naravnih zakonov v množici/-ah univerzumov (ali celo multiverzumov): Ali so resnični (neki, še neznani) zadnji, najvišji, “absulutni” Zakoni Narave? Če je odgovor na to vprašanje pritrdilen, katere vrste zakonov naj bi bili takšni **M**eta-Zakoni: matematični, logični, metafizični…?

Ne smemo pozabiti na **meje spoznanja** (in/ali “možnega izkustva”)

Immanuel Kant se je sicer motil glede neizogibne antinomičnosti med končnostjo in neskončnostjo prostora in časa, zaradi katere naj bi bila kozmologija zgolj “dialektični” presežek čistega uma, ne pa “analitična” znanost razuma – vendar pa tudi dandanes, nič manj kot pred dvesto leti, ostaja pomembno njegovo kritično, filozofsko-epistemološko opozorilo, da znanost ne more segati preko “vsega možnega izkustva”. Zdi se namreč, da se prav to spet dogaja v sodobnih teorijah multiverzumov.

Georg Cantor je bil tvorec transfinitne teorije množic, s katero je prvi uvedel matematično eksakten pojem “aktualne neskončnosti”, še več: uvedel je *neskončno različnih neskončnosti* (transfinitna ordinalna in kardinalna števila) – vendar je zanikal matematično eksistenco “Množice vseh množic”, za katero je Russell pokazal, da vodi v paradokse. Cantor je namreč menil, da matematika sama (kaj šele izkustvena znanost) ne more seči do Absoluta.



Immanuel Kant
(1724-1804)



Georg Cantor
(1845-1918)

- “Platonovo pojmovanje neskončnega je povsem drugačno od Aristotelovega […] Za svoja pojmovanja sem našel stične točke tudi v filozofiji Nikolaja iz Kuze. Isto velja za njegovega naslednika Giordana Bruna. […] Absolut je mogoče zgolj prepoznati, nikoli pa spoznati, niti približno poznati.” (G. Cantor, *O neskončni linearni množici točk*, str. 17.)