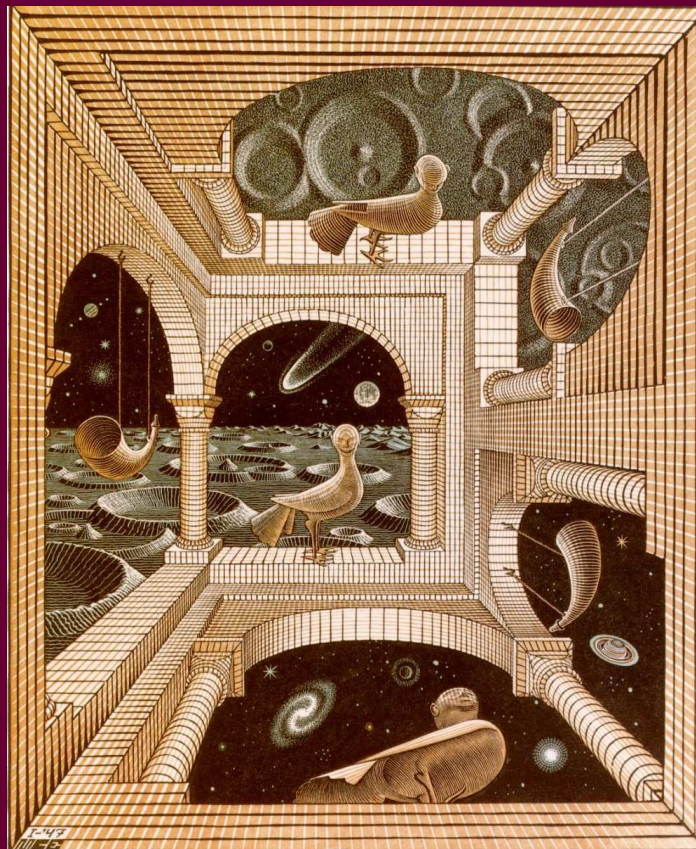


# Multiverzum ali Univerzum?

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



Marko Uršič,  
Filozofija narave, FF, 2010

*Slika: M. C. Escher:  
Drugi svet II*

“Multiverzum” (mnoga vesolja/univerzumi) je resna znanstvena hipoteza

Glavna znanstvena razloga za teoretsko uvedbo multiverzuma sta:

1. problem interpretacije kvantnih stanj, ki jih matematično opisuje Schrödingerjeva valovna funkcija, namreč njen domnevni “kolaps” pri vsakokratni meritvi oz. opazovanju, tj. prehod iz kvantnega v “klasično” stanje fizikalnega sistema;
2. problem izkustveno vse bolj očitne “natančne naravnosti” <*fine-tuning*> osnovnih fizikalnih konstant ali “prostih parametrov” <*free parameters*> v našem vesolju, tj. vprašanje, odkod izvira ta presenetljiva prvotna “uglašenost” vesolja za nastanek nas, opazovalcev, zavestnih bitij.

*Realni* (dejanski) ali zgolj *možni* “mnogi svetovi” (vesolja/univerzumi);  
primerjava med logiko in kozmologijo

Glavni, nasprotujoči si filozofski interpretaciji “mnogih svetov”, enega izmed osrednjih pojmov sodobne logike (modalne semantike), sta naslednji:

1. realizem: “možni svetovi” *dejansko obstajajo* – nekje, nekoč, na neki način ... (**David Lewis**);
2. aktualizem: “možni svetovi” so nedejanske oz. neuresničene množice “protidejstvenih stanj” <*counterfactual situations*>, s katerimi si lahko zamislimo, kakšen bi naš dejanski, “aktualni” svet *lahko bil*, čeprav dejansko ni takšen (**Saul Kripke**).

**Toda če** “mnoge svetove” razumemo v kozmologiji kot mnoga vesolja (“univerzume”), **potem** pride v poštev za razlago “natančne naravnosti” z “antropičnim načelom” samo modalni realizem - ta pa je zelo spekulativen, saj trdi, da je *prav vsak* “možni svet” nekje/nekoč/na neki način tudi *uresničen*.

OPOMBA: Kozmološki multiverzumi zaradi antropičnega načela sicer ne zahtevajo neskončno mnogo vesolij (tj. “prav vsa vesolja”), vendar jih je zaradi velikega števila možnih variacij fizikalnih parametrov “praktično neskončno”.

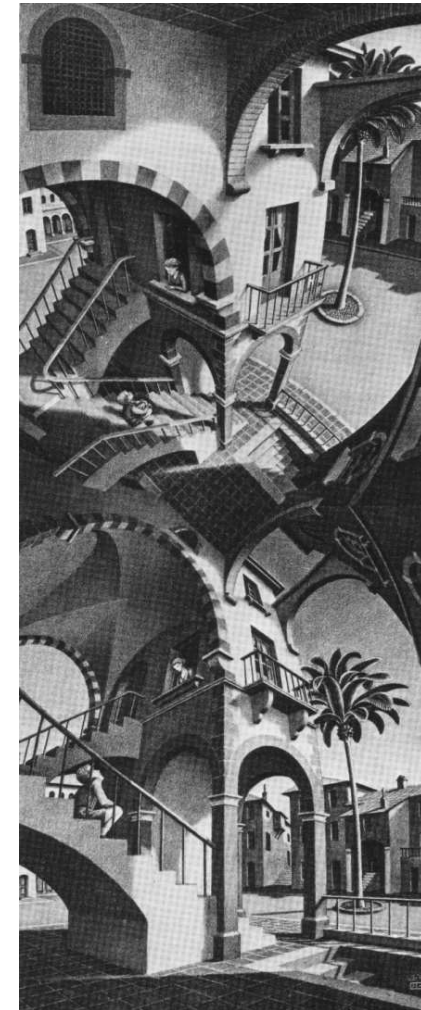
Vse, kar je možno, je tudi (nekje, некоč ...) dejansko

**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.)



M. C. Escher,  
*Zgoraj in spodaj*

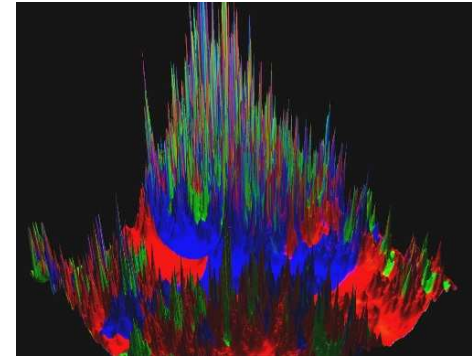
## Multiverzum (mnoga vesolja/univerzumi), nekaj teoretičnih “scenarijev”

Teoretično lahko obstajajo mnoga vesolja tako da:

1. vesolja (ali regije našega Vesolja) niso vzročno povezana, če se njihovi pretekli svetlobni stožci ne prekrivajo (po Einsteinu), torej so dejansko ločena;
2. vesolja se razvijajo vzdolž vzporednih vej “vesoljne valovne funkcije” (sledječ “mnogosvetni” interpretaciji kvantne fizike: Hugh Everett, David Deutsch);
3. vesolja se porajajo iz različnih “lomov simetrij” v procesu “večne inflacije” oz. “napihovanja” (Andrei Linde, Alexander Vilenkin, Martin Rees);
4. vesolja (nič manj kot  $\sim 10^{500}$  vesolij!) naseljujejo “Vesoljno Pokrajino”, ki jo ustvarjajo teorije strun: Leonard Susskind, Steven Weinberg idr.);
5. vesolja so časovno raz-ločena zaradi cikličnih ponovitev “prapokov”, tako da med njimi ni vzročnih povezav oz. se ohranjajo le nekatere osnovne fizikalne količine, podobno kot v črnih luknjah (Paul Steinhardt & Neil Turok: “ekpirotični” univerzum oz. multiverzum).



“mehučki” multiverzuma  
(s spleta)

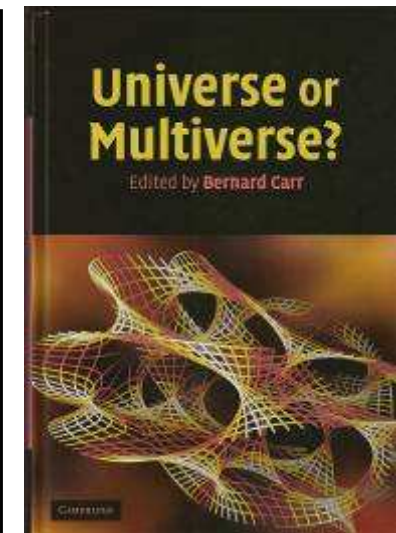


Lindejeva “Pokrajina večne  
inflacije”, računalniška  
simulacija (iz revije  
*Discover*, na spletu)

Štiri ravni multiverzumov glede na možne variacije ...

**Max Tegmark** razlikuje štiri ravni multiverzumov:

- I. Multiverzum različnih vesolij (univerzumov), ki naj bi nastala iz kvantnih fluktuacij v “prvotnem inflatornem polju”; razlikujejo se zaradi različnih začetnih pogojev, tj. različnih kvantnih fluktuacij, iz katerih so nastala.
- 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.
- III. Multiverzum naj bi nastajal iz “vesoljne valovne funkcije” po scenariju “mnogosvetne” interpretacije kvantne mehanike (Hugh Everett, David Deutsch): vesolja naj bi obstajala “vzporedno”, kakor v modalnem realizmu Davida Lewisa ali v fantastični prozi Jorgeja Borgesa.
- 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” <underlying> matematičnih in/ali logičnih struktur (na primer od različnih topologij prostora-časa). S tem se seveda odpirajo tako rekoč neomejene možnosti variacij ...



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

Kako daleč, v katerem vesolju je moj najbližji dvojnik?

Max Tegmark sklepa: Če je vesoljni prostor *neskončen* (ali vsaj zelo zelo velik), v njem lahko najdemo *karkoli*, tako da lahko izračunamo tudi oddaljenost tistega drugega vesolja (oz. druge regije v Vesolju), v katerem bi se pojavil moj popolni dvojnik, "istega videza, z istim imenom in spomini" ...

... in če bi jaz (?) lahko potoval "tja", bi spet našel "sebe samega" na razdalji 10 na (tj. na potenco!)  $10^{29}$  m (v primerjavi s to razdaljo je velikost naše Hubblove sfere z radijem  $\sim 10^{26}$  m skoraj "manj kot nič") ... in če bi potoval še naprej, bi na razdalji 10 na  $10^{119}$  m naletel na drugo, celotno Hubblovo sfero, do pičice enako tej naši!

Moje (ali dvojnikovo?) vprašanje Tegmarku & a/. se glasi: Kako daleč pa je tisto Vesolje (ali multiverzum), ki je popoln dvojnik samega sebe, namreč z vsemi svojimi "lokalnimi" vesolji, sferami, dvojniki itd.?



Marko Uršič  
№ 1



Marko Uršič  
№ 2

Ali izkustvo kakorkoli podpira domnevo, da obstaja *vsaj eno* drugo vesolje?

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” in uvaja prostorsko-časovne (mem)brane z dodatnimi, nam skritimi (“zvitimi”) dimenzijami.

- Vprašanje, ki se ob tem zastavlja: zakaj je gravitacija tako šibka v primerjavi z drugo daljnosežno silo, elektromagnetno.

**Brian Greene** v *Tkanini vesolja* razlaga: “Prek gravitacijske sile bi potekal medsebojni vpliv na dodatne dimenzije. V takšnem scenariju bi le gravitacija segla onkraj naših treh prostorskih dimenzij.” – In to bi se dalo, vsaj načeloma, preveriti.

Vendar to sklepanje drži zgolj pogojno: če obstajajo druge fizične dimenzije, potem je sklepanje, da obstaja *vsaj eno* drugo vesolje, bolj verjetno – **toda**:

1. gravitoni (kvanti gravitacije) sploh še *niso* bili odkriti; in tudi teorije strun/bran so še povsem *hipotetične*;
2. korak od odkritja *drugih* dimenzij prostora-časa ali od odkritja *vsaj enega* drugega vesolja do neznansko velike “Pokrajine” multiverzumov, o katerih govorijo kozmologi (Tegmark, Susskind idr.), ostaja *zelo spekulativen*.



M. C. Escher:  
*Osvoboditev*

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

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

- Najbolj raziskovani parameter je “kozmoška konstanta” ( $\Lambda$ ), katere dejanska (izmerjena) vrednost je  $\sim 10^{120}$  krat *manjša* od njene teoretično pričakovane (fizikalno najbolj verjetne) 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  $\Lambda$  ne sme biti pregloboko pod najvišjo vrednostjo, ki še omogoča življenje – sicer bi zelo verjetno obstajal kak drug, še neznan, “neantropičen” (=fizikalen) razlog oziroma vzrok njene preveč “natančno naravnane” majhnosti – **in glej**: izmerjena vrednost konstante  $\Lambda$  je ravno pravšnja, tj. *blizu* pod “antropičnim” pragom, tako da statistično potrjuje (AR) in z njim, vsaj posredno, tudi (MU-hp).



M. C. Escher: Metamorfoze

## Težave z definicijo *opazovalcev*, problem “čudnih opazovalcev”

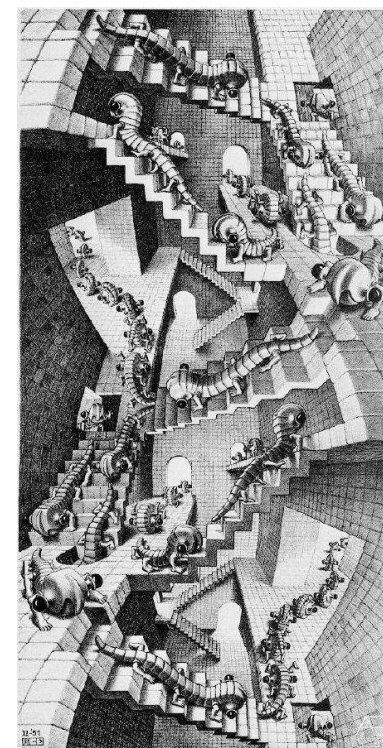
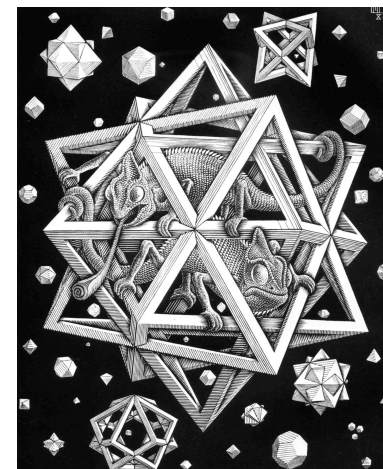
Kako visoko naj postavimo mejo fizikalnih konstant (npr.  $\Lambda$ ), da bodo še dopuščale življenje (oz. opazovalce), je odvisno od definicije oz. domene možnih opazovalcev. – Recimo, ali so “možni opazovalci” lahko nesnovni, “stkani le iz svetlobe”?

Toda, če je ta domena preširoka, potem bi z “antropičnim razmišljanjem” lahko razložili prav vse (tj. vse možne vrednosti konstant, vse “možne fizike”), kar bi pomenilo, da ne bi imelo več nobenega *selektivno* razlagalnega pomena.

- A tudi če domeno možnih opazovalcev omejimo (npr. na živa bitja iz ogljikovih spojin), ostaja druga težava: tudi v tej ožji domeni bi se lahko znašli “čudni opazovalci” (*freak observers*, “opazovalci spački”), npr. same glave brez teles – in ti “friki” bi bili po statistični logiki *številnejši* od “normalnih” opazovalcev, npr. ljudi ali marsovcev z rokami in nogami...

Filozof **Nick Bostrom** (*Anthropic Bias*, 2002) je zato predlagal “podmeno sámo-vzorčenja” <*self-sampling assumption*>:

- “Razmišljati moram tako, kakor da sem poljubni <*random*> primerek med vsemi opazovalci moje referenčne množice.” Ta statistična podmena praktično izključuje “čudake” iz *relevantnega* dela domene *vseh možnih opazovalcev*.



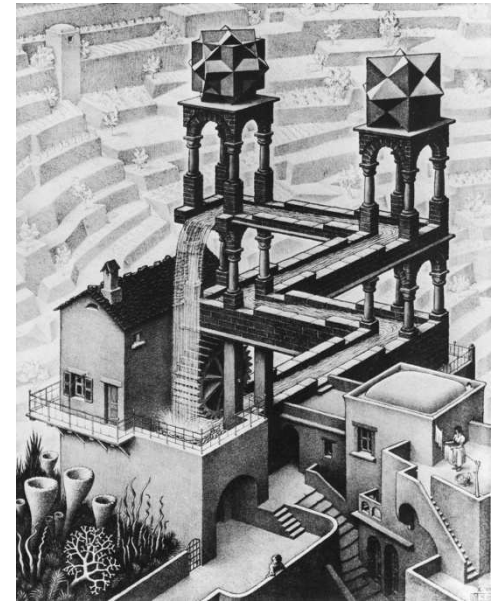
## Multiverzum in problem neskončnosti

Če uvedemo multiverzum (ali celo Multiverzum množice multiverzumov), pa se nam “celota možnega izkustva”, ki po Kantu omogoča *smiselne znanstvene* sodbe, neizbežno spet izmakne; to pomeni, da se antinomija končnosti nasproti neskončnosti vrne na višji ravni.

Za teoretsko obravnavo multiverzuma/-ov se pogosto uporablja teorija množic (gl. *Universe or Multiverse?*) – ta metodološko eksakten in znanstveno ustrezen pristop pa razkrije v samem pojmu multiverzuma bodisi *regressus ad infinitum* ali varianto paradoksa “množice vseh množic ...” (Russellovega paradoksa), če se vprašamo:

Ali obstaja “najvišji” Multiverzum vseh multiverzumov, katerih “elementi” so posamezni univerzumi (vesolja)?  
Če rečemo, da **M** obstaja, sledi paradokсно vprašanje: ali **M** vsebuje sam sebe ali ne? Odgovor je znan: če *da*, potem *ne*; če *ne*, potem *da*. (Pa smo spet *tu!*)

Rešitev iz tega paradoksa je v misli, da **M** sam *ni* (več) multiverzum, tj., da ne more biti svoj lastni “element”. Kaj je torej **M**? Je vendarle “najvišji” Univerzum? Je **M=U** ... Bog? ... *Deus sive natura*? ... Eno?



M. C. Escher: *Slap*

“Absolut” je onstran matematičnega mišljenja

**Georg Cantor** je odkril transfinitno matematiko množic oziroma števil, s katero je prvi uvedel matematično eksakten pojem “aktualne neskončnosti”, še več: uvedel je *neskončno različnih neskončnosti* (tj., transfinitna ordinalna in kardinalna števila) –

- **vendar** je zanikal matematično eksistenco “Množice vseh množic” (**M**), za katero je Russell pokazal, da vodi v logične paradokse. Cantor je bil namreč prepričan, da matematika sama (kaj šele izkustvena znanost) ne more seči do Absoluta.
- V razpravi *O neskončni linearni množici točk* se Cantor navezuje na Platona, Kuzanskega, Bruna, ko pravi: “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.” (Podčrtal M. U.)



Georg Cantor  
(1845-1918)

Celota ni svet, temveč duh

**Immanuel Kant** se je sicer motil glede neizogibnosti antinomije med končnostjo in neskončnostjo prostora in časa (presegle ali vsaj omilile so jo neevklidske geometrije in alternativne topologije), iz katere je sklepal, da je kozmologija zgolj “dialektični” presežek čistega uma, ne pa “analitična” znanost razuma –

– **vendar** pa tudi dandanes, nič manj kot pred dvesto leti, ostaja aktualno Kantovo filozofsko-kritično opozorilo, da znanost ne more preseči “vsega možnega izkustva”, a prav to se znova dogaja v sodobnih fizikalno-kozmoloških teorijah multiverzumov.

Vprašanje, ki ostaja za premislek, pa je naslednje:  
Če je *celota* sveta/vesolja onstran “vsega možnega izkustva” in je zato, sledeč Kantu, nedosegljiva znanosti, ali nam je spoznanje/izkustvo celote nasploh nedosegljivo?  
– Ne, kajti celota ni svet, temveč duh.



Immanuel Kant  
(1724-1804)