

---

# PLATONOV TIMAJ IN SODOBNI LUMINETOV MODEL VESOLJA V OBLIKI DODEKAEDRA \*

Marko Uršič

## Platonov kozmološki »model«

Platon, ki je Lepoto povezoval, mestoma celo enačil z Dobrim – spomnimo se znamenitih besed svečenice Diotime iz *Simpozija* – je o lepoti zvezdnega neba govoril predvsem v svojih poznih dialogih, *Timaju*, *Epinomisu* in *Zakonih*. V *Epinomisu* beremo, da je »narava zvezd najlepša na pogled – v popotovanju in plesu, ki je najlepši in najveličastnejši od vseh plesov in ki naredi vse, kar potrebujejo živa bitja. Res po pravici govorimo, da imajo zvezde dušo« (Platon, 2004: *Epinomis*, 982e). Nebo ima estetski, spoznavni in *etični* smisel, saj vse »sodeluje pri dopolnjevanju vidnega sveta, ki ga je uredil od vsega najbolj božanski Smisel <lógos>« (*ibid.* 986c). Pogled na zvezdno nebo nas osrečuje, etično plemeniti in navaja k »pobožnosti« <theosébeia>, kajti »srečen človek [...] bo postal motrilec <theorós> najlepših resničnosti, ki so dostopne vidu« (*ibid.* 986cd), še več, ravno v ustroju neba je najbolj očitna harmonija, in zato »mora biti resničen astronom najmodrejši« (*ibid.* 990a), saj v skladnosti krožnega gibanja zvezd spoznava, »da je to eno za vse [...] tako da gleda na eno« (*ibid.* 992a). Skratka, v Platonovih poznih dialogih doseže spoznanje svoj vidni, čutno izkustveni vrh v astronomiji, motrenju harmonije zvezd in enosti neba.

Največjo epopejo vidnemu vesolju kot ustvarjeni »podobi« nevidnega, v mišljenju uzrtega Uma, »sveta idej«, pa je Platon ustvaril v svojem znamenitem kozmološkem dialogu *Timaj*. Ta upravičeno velja tako za véliko pesnitev »o naravi«, ki nadaljuje in dopolnjuje tovrstne predsokratske pesnitve, kakor za prvi univerzalni *kozmoški model*, ki sistema-

---

\* Ta članek povzema v prirejeni obliki odlomke iz dveh avtorjevih knjig: *Daljna bližina neba* (str. 544–45 in 547–54) in *Iskanje poti* (str. 536–42), gl. Literaturo na koncu.

tično (četudi zgolj »verjetnostno« in ravno zato je to teoretski »model«) razlaga nastanek in razvoj vesolja. V *Timaju* se večkrat poudarja *lepota kozmosa*, izraz 'lep' običajno nastopa v pridevniški obliki: »Če je ta svet lep in je ustvarjalec [demiurg] dober, je pač jasno, da se je oziral na večni vzorec« (Platon, 2004: *Timaj*, 29a); »ta svet je najlepša od nastalih stvari, on pa je najboljši od vzrokov« (*ibid.*); »naredil je vesolje s tem, da je sestavil Um v Duši in Dušo v Telesu – da bi tako naredil izdelek, ki bi bil po naravi najlepši in najboljši« (*ibid.* 30b) itd. Posebno zanimiv in interpretacijsko večznačen je tudi zadnji stavek *Timaja*, v katerem Platon imenuje kozmos »vidno živo bitje«, ki je *čutno zaznatni bog*: »Ko je namreč ta svet vase sprejel smrtna in nesmrtna živa bitja ter se je tako povsem izpolnil, je postal vidno živo bitje, ki obsega vidne stvari, čutno zaznatni bog, podoba tistega, ki je (le) umljiv, največji in najboljši, najlepši in najpopolnejši: to Nebo, eno in edinorojeno« (*ibid.* 92c).

Hans Georg Gadamer je nekje proti koncu svojega glavnega dela *Resnica in metoda* (1960) zapisal lepe in pametne misli o platonski »kalkulatiji«, enotnosti/skladnosti lepega in dobrega <*kalón kai agathón*>: »V Platonovi filozofiji najdemo tesno povezanost, pogosto pa tudi zamenjavo ideje dobrega z idejo lepega. [...] Lepo na sebi se kaže prav tako dvignjeno nad vse bivajoče kot dobro na sebi (*epékeina*)« (Gadamer, 2001: 387). Tem uvodnim taktom v Platonovo presežno estetiko, ki jo je – mimogrede se spomnimo – še posebej častila renesansa (Marsilio Ficino idr.), sledi Gadamerjeva natančnejša opredelitev platonske ideje Lepega, ki skupaj z Dobrim vsebuje red, sorazmerje, simetrijo, *telos* v kozmosu, vendar Platonova smotrnost vesolja kljub liku demiurga še ne pomeni »božje previdnosti« v poznejšem krščanskem pomenu:

»Osnova te tesne povezanosti ideje lepega z idejo teleološkega reda biti je pitagorejsko-platonski pojem mere. Platon določa lepo s pomočjo mere, primernosti in sorazmernosti, Aristotel kot momente (*eide*) lepega imenuje red (*táxis*), pravo sorazmerje (*symmetría*) in opredeljenost (*horisménon*) ter iste momente najde na vzorčen način dane v matematiki. Tesna povezanost med redom matematičnih bistev lepega in nebeškim redom dalje pomeni, da je kozmos kot vzor vsega vidnega reda obenem najvišji primer lepote v vidnem. Merska primernost, simetrija, je odločilni pogoj vse leposti.« (Gadamer, 2001: 388)

Platonska lepota ni le »preprosto simetrija«, saj je njeno »bistvo« presežno, je pa seveda tudi simetrija, še več, v *idejnem* pomenu je lepota

predvsem *simetrija*, če slednjo razumemo v širšem pomenu, dandanes bi rekli kot invariantnost. V *Filebu*, potem ko je »moč Dobrega pobegnila v naravo lepega« (Platon, 2004: *Fileb*, 64e), Sokrat predlaga Protarhu: »No, če ne moreva Dobrega ujeti v eno uzrtost [idejo], ga zajemiva s tremi, namreč z lepoto, sorazmerjem in resnico« (*ibid.* 65a) – torej je sorazmerje (mera, simetrija, harmonija ...) privzdignjeno na raven same lepote in/ali resnice. Tudi Platonov modrec Timaj večkrat poudarja pomen sorazmerja za lepoto kozmosa, na primer: »Med vsemi vezmi pa je najlepša tista, ki najbolj zedinja samo sebe in to, kar povezuje; in to po naravi najlepše uresničuje *sorazmerje*« (Platon, 2004: *Timaj*, 31c); ali pa: »Živo bitje, ki je sorazmerno, je za tistega, ki je sposoben gledati, najlepší in najprivlačnejši od vseh prizorov« (*ibid.* 87d) itd. Cel splet sorazmerij pa se nam razkriva v Platonovem slavnem nauku o petih najlepših geometrijskih telesih, pozneje imenovanih tudi »platonska telesa«; to so pravilni poliedri, sestavljeni iz enakostraničnih likov: tetraeder (iz štirih trikotnikov), hekšaeder ali kocka (iz šestih kvadratov), oktaeder (iz osmih trikotnikov), dodekaeder (iz dvanajstih peterokotnikov) in ikozaeder (iz dvajsetih trikotnikov). Pravilni poliedri so, bi lahko rekli, neka-kšni »geometrijski atomi« snovi, tj. štirih klasičnih prvin in etra: zemlja je sestavljena iz hekšaedrov, voda iz ikozaedrov, zrak iz oktaedrov, ogenj iz tetraedrov in eter (vesolje) iz dodekaedrov (gl. *ibid.* 53b–56c).<sup>1</sup> Platonova argumentacija, zakaj je neki določen polieder povezan z nekim določenim elementom, je seveda zastarela, z današnjega vidika naivna (npr. argument, da je ogenj sestavljen iz majhnih, očem nevidnih tetraedrov, zato ker imajo le-ti med peterico najbolj ostre robove itd.), toda prav nič zastarela, ravno nasprotno, zelo aktualna je misel, da so geometrijske lastnosti (simetrije ipd.) bistvene za strukturo snovi, vse tja do najmanjših kvantov – prav ta Timajeva misel je inspirirala tudi Heisenberga in je

<sup>1</sup> Matematično eksaktno je »platonska telesa« (takšnih pravilnih poliedrov je samo pet) pol stoletja pozneje opisal Evklid v trinajsti knjigi *Elementov*, imenujejo pa se po Platonu, ki jih je s svojo genialno umsko intuicijo, izhajajoč iz očitnosti njihove simetrične lepote, izbral v *Timaju* za vesoljne prvine. Matematik H. E. Huntley v »študiji o matematični lepoti« z naslovom *Božansko sorazmerje* (*The Divine Proportion*) pravi: »Grški pogled na pet pravilnih teles je bil mističen. To pa niti ni zelo presenetljivo, saj so te oblike lepe po sebi. Ne potrebujemo kake matematične pretanjenosti, da bi vrednotili očitni čar njihovega videza, saj je ta čar *dan* kot prvina njihove lepote. Nasprotno pa tisto, kar je *pridobljeno* s šolanjem in izobrazbo, zahteva precejšen mentalni napor« (Huntley, 1970: 31).

še dandanes, vsaj posredno, prisotna v metodoloških osnovah »standardnega modela« osnovnih delcev.<sup>2</sup> Filozofsko pa je še posebej zanimiva Platonova povezava med dodekaedrom in etrom, tj. vesoljno prosojno prvim nebesnih sfer, »kvintesenca«, ki se ne meša z nobeno zemeljsko snovjo; Timaj te povezave ne utemeljuje tako kot druge, tudi ne uporabi besede 'éter', ki jo najdemo v tem pomenu pozneje v Aristotelovi razpravi *O nebu*, ampak le pravi, da »[o]bstaja še en, peti sestav <*sýstasis*>: bog ga je uporabil za vesolje, ko ga je krasil s podobami« (*ibid.* 55c) – zato lahko o razlogih nebeškosti dodekaedra samo ugibamo: najprej seveda pomislimo, da se dodekaeder najbolj približa krogli, sferi, ki je po Platonu (in tudi Aristotelu in mnogih za njima) »oblika neba«; potem pa pomislimo še na to, da je dodekaeder sestavljen iz *dvanajstih* (kakor zodiak) pravih peterokotnikov, v peterokotniku pa je razmerje med stranico in diagonalo enako »božanskemu proporcu«, *zlatemu rezu*,<sup>3</sup> ki ga izraža »mistično« število  $\Phi = (\sqrt{5}+1)/2 = 1,6180339 \dots$

### Sodobni »standardni« kozmološki model

Najprej malce pojasnimo, kaj dandanes pravzaprav pomeni *model* v kozmologiji. Nemški filozof kozmolog Bernulf Kanitscheider je kozmološki model opredelil kot »celoto idealizacij, ki so uporabljene v okviru neke [kozmoške] teorije« (Kanitscheider, 1991: 408), pri čemer je poudaril, da ne gre za ikonično rekonstrukcijo realnosti (kakor npr. pri modelu ladje ali hiše ali Osončja), temveč za njeno *simbolno* representa-

<sup>2</sup> Heisenberg je v pogovoru »Elementarni delci in Platonova filozofija« rekel: »V začetku je bila simetrija, to je gotovo pravilnejše od Demokritove teze 'V začetku je bil delec'. Elementarni delci utelešajo simetrije, so njihove najpreprostejše upodobitve, vendar so šele nasledek simetrij. [...] Elementarne delce lahko primerjamo s pravilnimi telesi v Platonovem *Timaju*« (Heisenberg, 1977: 262).

<sup>3</sup> Johannes Kepler je v svojem zgodnjem delu *Mysterium cosmographicum* (1596) poskušal s platonskimi telesi razložiti razmerja med razdaljami petih znanih planetov do Sonca oziroma sorazmerja med njihovimi takrat še domnevno krožnimi tirnicami. Poliedre je vložil v kroglo, sfero »zvezd stalnic«, sledil pa je drugačen vrstni red kot pri prvinah v *Timaju*, dodekaeder naj bi določal orbito Marsa (gl. sliko na naslovnici tega zbornika). Ta teorija se ni obnesla, sam Kepler je pozneje opustil kroge in uvedel elipse ter se prav z njimi zapisal v zgodovino astronomije, njegovo zgodnjo spekulacijo pa nekateri sodobni fiziki in kozmologi navajajo kot očiten primer preveč apriorne, čisto matematične »idealizacije« pri formulaciji teorij o naravi (gl. Smolin, 1997: 190–91).

cijo. Model vesolja je torej idealizirana simbolna reprezentacija realnega vesolja: simbolna, ker je zgrajen iz matematičnih oz. fizikalnih enačb, idealizirana pa zato, ker enačbe nikoli ne morejo povsem natančno zajeti neskončne kompleksnosti same realnosti. Pri kozmoloških modelih je presenetljivo, da so praviloma mnogo enostavnejši od modeliranja kakega lokalnega fizikalnega dogajanja, na primer »viharja« v čajni skodelici, ali pa, če vzamemo kozmologiji bližji primer, od modeliranja nastanka posameznih zvezd in galaksij. Razlog te sorazmerne enostavnosti je predvsem v dvojem: prvič, omogoča jo predpostavljeno kozmološko načelo,<sup>4</sup> in drugič, sodobni kozmološki modeli so zgrajeni na osnovi enačb Einsteinove splošne teorije relativnosti, ki za »idealizirane« primere nudijo enostavne in elegantne rešitve. Med vsemi relativističnimi modeli vesoljnega prostora-časa je bržkone najenostavnejši in, filozofsko vzeto, tudi najbolj »eleganten« prvi Einsteinov model, ki ga je sam véliki mojster predlagal za razlago vesolja že leta 1917, torej dve leti po objavi »enačb polja« splošne teorije relativnosti. Ta model je bil *statičen*, torej se v njem vesolje ne razvija v času, niti ni nastalo niti ne bo minilo, ampak je večno in kot celota nespremenljivo; matematično je model opisan z Riemannovo sferično geometrijo, v kateri ima trirazsežni ukrivljeni (ne-evklidski) prostor *končen* krivinski radij in *pozitivno* ukrivljenost (npr. vsota notranjih kotov trikotnika je večja od dveh pravih kotov). Znano je tudi, da je Einstein temu modelu dodal »kozmoško konstanto« in jo označil z grško črko  $\Lambda$  (*lambda*), namreč zato, da bi uravnovesila univerzalno gravitacijo, ki bi sicer v takšnem statičnem vesolju privlekla prej ali slej vsa telesa skupaj (s tem problemom se je ukvarjal že Newton,

---

<sup>4</sup> Kozmološko načelo je osnovna, *apriorna* predpostavka kozmologije kot vede o *celoti* vesolja. Celota zaradi zaznavnih horizontov nikoli ni neposredno dana, toda v kozmoloških modelih vendarle nastopa »vesolje kot celota«: to je mogoče samo zato, ker modeli predpostavljajo, da je vesolje v celoti *homogeno* in *izotropno* (povsod in v vseh smereh enako, če odmislimo »lokalne« posebnosti, ki pa sežejo vse tja do galaktičnih jat in velikanskih »mehurjev« medgalaktične praznine). Kozmološko načelo je prvi eksplicitno formuliral Edward Milne (1933), čeprav ga kozmologija bolj ali manj »samoumevno« predpostavlja že ves novi vek, zato se imenuje tudi »posplošeno kopernikansko načelo«: za vse opazovalce v vesolju, ne glede, kje oz. od kod opazujejo in v katero smer gledajo, je vesolje videti *enako*, če odmislijo svoje lokalne posebnosti in če opazujejo v istem trenutku kozmološkega časa, opredeljenega z zaporedjem »hiperploskev simultanosti«. Nikjer ni središča, nikjer ni oboda! Opazovalec je vselej v središču *svojega* horizonta, medtem ko so tam, »na obodu«, (lahko) spet neki drugi opazovalci, ki vidijo ob istem kozmičnem času vsepovsod okrog sebe enako nebo, če relativno mirujejo v odnosu do raztezanja vesolja.

ki je domneval – napačno, kot se je izkazalo pozneje – da je ravnotežje zagotovljeno z enakomerno razporeditvijo teles in njihovo veliko medsebojno oddaljenostjo v neskončnem evklidskem prostoru). Kanitscheider ugotavlja, da gre v Einsteinovem statičnem, »riemannovskem« vesolju za »znova odkriti finitizem«, in čeprav dandanes, tj. po Hubblovem odkritju sistematičnih rdečih premikov spektralnih črt v svetlobi galaksij, ta model vesolja s svojo statično razporeditvijo materije in s konstantno ukrivljenostjo, ki naj ne bi bila odvisna od časa, »ne pride več v poštev kot ustrezen opis sveta«, pa vendar –

»...je ta model pokazal, da je možna konsistentna obravnava kozmološkega problema, da je mogoče kljub vezanosti opazovalca na točko, s katere opazuje, racionalno in izkustveno odločljivo ugotoviti, kakšna je vesoljna razporeditev materije in njej pripadajoči prostor-čas. Posebne pozornosti pri tem modelu je seveda vredna ponovna oživitev *finitizma*. Toda končnost tega sveta ni preprosto zvedljiva na vrnitev k finitističnim mislim iz srednjeveške slike vesolja, ki so jo oblikovali Aristotel, Ptolemaj in Dante in pri kateri je bil središnji položaj Zemlje obdan z nebesnim obokom zvezd stalnic. V Einsteinovem svetu je ureničena Riemannova zamisel združitve končnosti in brezmejnosti. Drugače kot v srednjeveških predstavah ima ta svet sicer končno prostornino <*Rauminhalt*>, vendar nima nobenih zunanjih meja. Vsako točko v njem lahko smatramo za središčno točko in nikjer ne dospemo do roba, kjer bi lahko stegnili roko skozi kako mejo v 'zunanost'.« (Kanitscheider, 1991: 156)

K tej odlični oznaki prvega Einsteinovega kozmološkega modela bi lahko dodali samo še to, da je o vesolju brez središča in roba na spekulativno metafizični ravni razmišljal že Nikolaj Kuzanski v 15. stoletju, ki v tem pogledu velja za daljnega Einsteinovega predhodnika. – Ko se je nekaj let po Einsteinovem statičnem modelu vesolja izkazalo, da so možne tudi *dinamične* rešitve njegovih gravitacijskih enačb, kar je pokazal ruski matematik Alexander Friedmann (1922), predvsem pa, ko je s Hubblovim odkritjem postalo jasno, da se vesolje dejansko razteza, je Einstein dejal, da je bila uvedba kozmološke konstante (*lambda*) »največja zmot« v njegovem življenju, in je skupaj z danskim astronomom Willemom de Sitterjem (1932) tudi sam predlagal varianto Friedmanovega dinamičnega modela vesolja *brez* kozmološke konstante (saj ni bila več potrebna), in sicer model evklidsko »ravnega« raztezajočega se vesolja, ki je natanko na ločnici med pozitivno in negativno prostorsko

ukrivljenimi Friedmanovimi modeli (običajno rečemo, da tudi ta model spada med FRW-modele).<sup>5</sup> V našem kontekstu je zanimivo ugotoviti, da sta oba Einsteinova modela – namreč prvi, »parmenidsko« statični, ki »žal« ni več empirično ustrezen zaradi Hubblovega odkritja, da se vesolje razteza (in tudi drugih razlogov), zlasti pa drugi, dinamični Einsteinov & De Sitterjev »ravni« model, ki pa še vedno lahko pride v poštev za opis raztezajočega se vesolja – s *filozofskega* stališča najbolj zaželeni med vsemi sodobnimi kozmološkimi modeli, ker sta najbližje našim predstavam o idealni kozmologiji, preprosti in jasni sliki sveta, platonski popolnosti vesolja, ki naj bi čim bolj jasno odražalo enovitost in večnost naravnega in/ali božjega *logosa*. Toda kot kažejo nekatere novejšje astronomske meritve ukrivljenosti vesoljnega prostora s pomočjo opazovanja zvezd supernov v drugih galaksijah (Perlmutter, Garnavich, 1998 idr.), se vesolje *pospešeno* razteza, tako da je tudi Einsteinov & De Sitterjev idealno »ravni« model najbrž bolj odraz naših pričakovanj, da je *kozmos* popoln in »enostaven«, kot pa opis dejanskega vesolja.<sup>6</sup> Ironija v razvoju kozmologije pa je, da se Einsteinova domnevno »največja zmota«, namreč *lambda*, zdaj znova kaže kot upravičena, še več, današnji kozmologi v njej vidijo možnost zapolnitve vrzeli med doslej izmerjeno gostoto in za »ravno« vesolje pričakovano (»kritično«) povprečno gostoto mase in/ali energije v vesolju: *lambda* naj bi izražala »energijo vakuum« in tako znova, tako rekoč po ovinku, postavila na kozmološki prestol filozofsko zaželeni model »ravnega« vesoljskega prostora, tj. neko posodobljeno, bolj kompleksno varianto Einsteinovega & De Sitterjevega kozmosa. Vendar je treba k temu takoj dodati, da oživitev *lambda* obenem pomeni vdor množstva novih možnih modelov oziroma scenarijev razvoja vesolja, tako da je enostavnost zdaj že »klasičnih« FRW-modelov, v katerih je imela *lambda* ničelno vrednost, videti že skoraj idilična.

<sup>5</sup> Friedmannovo dinamično metriko prostora-časa sta na osnovi kozmološkega načela (izotropija + homogenost vesolja) dopolnila Howard Robertson in Arthur Walker, zato danes govorimo o »FRW-modelih« vesolja.

<sup>6</sup> V sodobni kozmologiji se ponavlja Keplerjeva zgodba: kljub njegovemu prizadevanju, da bi Osončje opisal kot platonsko navdahnjeno popolno »svetovno harmonijo«, so Keplerja dejstva prisilila, da je v zakone gibanja planetov uvedel namesto krožnih eliptične orbite – in glej: prav s tem odmikom od idealnosti je postal, poleg Kopernika, utemeljitelj novoveške astronomije!

Ali se z novimi empiričnimi podatki približujemo rešitvi »uganke vesolja« (vsaj kar zadeva »obliko« celotnega kozmosa v prostoru-času) – ali pa se oddaljujemo od nje? O tem so mnjenja deljena: nekateri kozmologi so optimistični v prepričanju, da smo zdaj tako rekoč tik pred ciljem, drugi pa so v svojih ocenah stanja današnje kozmologije bolj previdni. Da bi bil položaj še bolj zapleten, oživljajo tudi »srednjeveške« zamisli o vesoljni »kvintesenci«, skrivnostnem »etru«, ki privzema nove pojavne oblike; poraja se celo sum o tem, da je svetlobna hitrost konstantna in največja možna fizična hitrost (gl. Magueijo 2004; cf. tudi najnovejše raziskave hitrosti nevtrinov v eksperimentu »Opera«).

Vrnimo se zdaj k standardnemu modelu razvoja vesolja z mislijo, da bo v prihodnje verjetno izboljšan z novimi »nestandardnimi« dopolnitvami. Vprašali smo se, kaj je *kozмолоški model*, in odgovorili, da je to neka idealizirana simbolna reprezentacija realnega vesolja, zgrajena iz matematičnih oz. fizikalnih enačb. K temu je treba dodati, da sodobnega standardnega modela seveda ne sestavljajo samo enačbe Einsteinove splošne relativnostne teorije, ampak tudi – zlasti za opis zgodnjega obdobja vesolja – enačbe oziroma zakonitosti fizike osnovnih delcev: z njimi so namreč znanstveno »rekonstruirane« tiste znamenite »prve tri minute« kozmološkega časa po prapoku, ki jih je v poljudno kozmološko literaturo uvedel Steven Weinberg.

Ko govorimo o »velikem puku« – osebno rajši uporabljam izraz »prapok« – je treba najprej poudariti, da je sama oznaka *big bang*, ki naj bi izražala začetek vesolja, nastala po naključju, sprva je bila izrečena z ironičnim podtonom (uporabil jo je Fred Hoyle kot zastopnik takrat še aktualne nasprotne teorije, namreč »stacionarnega« modela vesolja, po katerem se vesolje razteza brez začetka v času), poleg tega pa je ta beseda lahko tudi zavajajoča, če si z »velikim pokom« predstavljamo eksplozijo, ki počí na nekem določenem mestu in se potem širi s svojim udarnim valom v prostor; pri prapoku namreč ne gre za takšno eksplozijo, ki bi se širila v neki že pred tem prvim vesoljnim Dogodkom obstoječi prostor, ampak se z njim začne »razpirati« tudi prostor sam. To lahko izrazimo tudi s *principom vsebovanja*: »Vesolje vsebuje prostor in čas; ne obstaja v prostoru in času« (Harrison, 2000: 147). Ali še drugače: »Prapok je bil dogodek, ki se je zgodil *povsod*« (Morris, 1992: 51). Izkustvena evidenca tega dogodka, njegova »sled«, ki se je ohranila do dandanes, približno 14

milijard let po prapoku, je izotropno *prasevanje* oziroma mikrovalovno sevanje »ozadja«; z ozadjem tu ni mišljen kak substrat, kak »eter«, ampak sevanje samo, ki je izotropno glede na vse tiste opazovalce, ki *mirujejo*, »pripeti« na koordinate raztezajočega se prostora.

Standardni model razvoja vesolja intuitivno pomeni predvsem to, da se vesolje razteza in ohlaja. Iz izotropnega rdečega premika spektralnih črt svetlobe galaksij in iz prasevanja sklepamo, da je bilo vesolje nekdanj veliko bolj gosto in vroče. (Strogo vzeto, to še ne pomeni, da se je prapok resnično kdaj zgodil, namreč kot časovno prvi Dogodek, čeprav nas misel navaja k temu.) Evidenca za sklepanje, da je bilo vesolje nekoč silno vroče, se skriva tudi v opaženih količinskih razmerjih med elementi v vesolju, predvsem med vodikom in helijem kot dvema najpogostejšima, ter obstoj devterija (»težkega vodika«) v medzvezdnem prostoru. Poleg tega je pomemben argument za *razvoj vesolja* tudi »globinska« slika galaksij in kvazarjev (tj. zelo oddaljenih in silno močnih svetlobnih virov, ki jih razlagajo kot aktivna jedra mladih galaksij, napajana z gravitacijsko energijo črnih lukenj): ko gledamo daleč v vesoljni prostor, gledamo tudi daleč nazaj v čas, kajti svetloba daljnih objektov je potrebovala milijarde let, da je prišla do nas – in vesolje »globinsko« *ni* homogeno: kvazarji se na primer pojavijo na določeni razdalji, potem jih je največ na še večji razdalji, nato spet manj ipd. Vesolje se torej očitno razvija v času in ta ugotovitev velja tudi neodvisno od tega, ali se je prapok dejansko zgodil ali ne. Starosta ameriške kozmologije, James E. Peebles, je nekoč zapisal: »Bistvo teorije prapoka je v tem, da se vesolje razteza in ohlaja. Opazili boste, da nisem nič rekel o 'eksploziji' – teorija prapoka opisuje, kako se vesolje razvija, ne pa, kako se je začelo« (Peebles, 2001: 44).

### Luminetov »platonski« model vesolja

Kozmološki model, ki ga predlaga francoski fizik-kozmozolog (in tudi kanček poeta) Jean-Pierre Luminet, je zelo »nestandarden«. Postavlja namreč hipotezo, da ima Vesolje *obliko dodekaedra* »kot celota« (ne samo delci etra, kot je že davno domneval Platon). Luminet je razvil ta nenavadni, fantazijsko navdahnjeni model po strogih znanstvenih kriterijih

v vrsti člankov, ki so bili objavljeni v uglednih naravoslovnih revijah (tudi v prestižni reviji *Nature*), sintezno pa v knjigi *Naokrog ovito vesolje* (*The Wraparound Universe*, 2008).<sup>7</sup> Gre za model prostorsko končnega oziroma »kompaktnega« vesolja z »mnogokratno povezano« <*multiply connected*> topologijo.<sup>8</sup> Po nekajletnem izbiranju med sorodnimi variantami se je Luminet leta 2003 odločil za topološki model »sferičnega dodekaedričnega Poincaréjevega prostora«, pri katerem je vsaka stranica dodekaedra »zlepljena« s svojo nasprotno stranico po rotaciji za  $36^\circ$  (tj. za desetino celotnega kroga), tako da nastane *končen* volumen *brez robov* (je torej neomejen, če mejo razumemo v klasičnem geometrijskem pomenu); ta prostor je »mnogokratno povezana varianta hipersfere, s tem da je njegov volumen 120-krat manjši; lepljenje [nasprotnih stranic, pravičnih peterokotnikov] pa je mogoče popolnoma izvesti le tedaj, če uporabimo pozitivno ukrivljeni [rahlo sferični] dodekaeder, katerega robni koti znašajo  $120^\circ$ , ne pa  $\sim 117^\circ$  kakor v evklidskem prostoru« (Luminet, 2008: 81).<sup>9</sup> In če postavimo vprašanje, zakaj pa ne bi potemtakem rajši

<sup>7</sup> Naslov prve izdaje Luminetove knjige, ki je izšla v francoščini leta 2001, je manj posrečen, po mojem mnenju celo malce zavajajoč: *L'univers chiffonné*, kar bi lahko prevedli »Zgubano vesolje« (bolj dobesedno: »zakrpano«, »cunjasto« vesolje; fr. *chiffon* pomeni cunja). Luminetov vesoljni dodekaeder je sicer res po svoje »zguban«, nikakor pa ni »zakrpan« ali »cunjast«, ravno nasprotno, prej je »platonsko pravilen«, četudi je rahlo ukrivljen in topološko drugačen od evklidskega dodekaedra.

<sup>8</sup> Svetlobni žarki, ki po Einsteinu vselej sledijo »ničelnim geodetkam«, tj. prostorsko najkrajšim svetovnicam med dogodki, lahko potujejo zaradi nenavadne topologije prostora-časa (npr. v trirazsežnem torusu) *po mnogih različnih poteh*; topološko se temu reče, da je prostor »mnogokratno povezan« <*multiply connected*>. »Različne poti fotonov iz istega dogodka razpršitve <*scattering event*> [tj. s horizonta fotonov, kjer/ko se je sprostilo prasevanje]> imajo različne dolžine, tako da ustvarjajo podobe istega vira v različnih jakostih in različnih smereh. In če je za fotone dovolj časa, da obkrožijo vesolje [tj. da pridejo *okrog* torusa], to vodi k podobam-prikaznim <*ghost images*>« (Silk, 2006: 188).

<sup>9</sup> Hipersfera, ki jo Luminet v tem citatu primerja s svojim dodekaedrom, je definirana v analitični geometriji na analogen način kot krog ali krogla (sfera), le z eno dimenzijo več kot slednja. Krog je definiran kot množica točk, ki ustrezajo enačbi  $x^2 + y^2 = r^2$  na ravnini  $(x, y)$ ; krogla je definirana kot množica točk, ki ustrezajo enačbi  $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$  v prostoru  $(x, y, z)$ ; štiridimenzionalna hipersfera pa je definirana kot množica točk, ki ustrezajo enačbi  $x^2 + y^2 + z^2 + u^2 = r^2$  v (hiper)prostoru  $(x, y, z, u)$ , glej npr. (Kaku, 1994: 342, op. 10). V našem 3D evklidskem prostoru si ni mogoče nazorno predstavljati hipersfere, lahko pa si jo zamislimo tako, da so sfere njeni »preseki«, *analogno* kakor so krogi preseki sfere, torej da v mislih prenesemo nazorna razmerja med 2D in 3D na nenazorna razmerja med 3D in 4D (takšen prenos nam pomaga tudi v drugih podobnih primerih, ko poskušamo vizualizirati nekaj, česar ne moremo neposredno videti, npr. Einsteinov ukrivljeni prostor-čas).

izbrali za model vesolja kar hipersfere, ki je očitno enostavnejša, bolj v skladu z »Ockhamovo britvijo«, nam Luminet odgovarja, da z epistemo-loškega stališča »potrebujemo model fizičnega prostora, ki ne bi bil niti premajhen niti prevelik v primerjavi z zaznavnim vesoljem«, <sup>10</sup> namreč zato, da bi bilo sploh mogoče empirično zaznati njegovo »mnogokratno povezano« topologijo – kajti to bi z zelo natančnimi instrumenti lahko opazili kot simetrične »replike«, »kroge-dvojnike« na prasevanju, vendar mnogo težje ali sploh ne v primeru hipersfere, četudi bi bila »mnogokratno povezana«, saj je njen volumen pri enaki ukrivljenosti 120-večji od volumna sferičnega dodekaedra in bi krogi-dvojniki segali predaleč čez naš horizont, tako da jih ne bi mogli prepoznati. Luminetovo dodekaedrično vesolje bi torej imelo sorazmerno »majhen« volumen, približno za petino manjši od sedanje Hubblove sfere, se pravi, *vesolje bi se nam zdelo večje, kot dejansko je* (gl. *ibid.* 299–307) – kakor da bi se znašli v nekem prostoru, z vseh strani obdanem z zrcali. Replike pa ne bi bile samo na prasevanju, ampak bi se nam v takšnem »mnogokrat povezanem prostoru« tudi daljne galaksije kazale kot replike *istih objektov v različnih časih*, namreč zaradi različnih dolžin svetlobnih poti iz istega vira svetlobe. Poglejmo značilen odlomek iz Luminetovega *Naokrog ovitega vesolja*:

»V naokrog ovitem vesolju trajektorije svetlobnih žarkov, ki jih oddaja katerikoli vir svetlobe, ubirajo več poti, da pridejo do nas, pri čemer vsaka sledi gubam <*folds*> tkanine prostora-časa. Zato opazovalec zazna s katerekoli zvezde množico *podob-prikazni* <*ghost images*>. Ko torej vidimo milijarde galaksij, ki zavzemajo prostor, o katerem smo prepričani, da je nenaguban <*unfolded*> in neizmerno velik, bi bila to lahko zgolj iluzija; vse te milijarde podob galaksij bi bile lahko ustvarjene z manjšim številom objektov, prisotnih v naokrog ovitem vesoljnem prostoru manjših razsežnosti. Tak prostor ustvarja iluzijo neskončnosti.« (Luminet, 2008: 89)

<sup>10</sup> Naše *zaznavno* vesolje je zamejeno v *prostoru-času* s »Hubblov sfero«, ki je relativna glede na vsakokratnega opazovalca kot območje znotraj njegovega vesoljnega horizonta. Radij Hubblove sfere je za nas, ki živimo ~13,7 milijard let po prapoku (v bolj poljudnih prikazih se ta čas pogosto zaokroži na 14 mld.), tista razdalja okrog nas v vesoljnem *prostoru*, ki jo je svetloba lahko prepotovala v času od prapoka do danes (natančneje: od sprostitve fotonov kakih tristo tisoč let po prapoku do danes). Zaradi raztezanja vesolja pa Hubblov radij kot *prostorska* razdalja znaša precej več svetlobnih let kot ~13,7 milijard (časovnih) let: običajno se navaja vrednost ~40 SL, Luminet pa navaja ~53 SL (gl. Luminet, 2008: 300); izračun te razdalje ni odvisen le od empiričnih podatkov (vrednosti Hubblove konstante itd.), ampak tudi od izbora kozmološkega modela.

Luminetov izraz »manjše število objektov« je sicer treba razumeti *cum grano salis*, kajti četudi bi bilo vesolje res takšno, kot si ga je zamislil, bi bilo za človeške mere še vedno velikansko, v njem bi bilo še vedno zelo veliko število galaksij – vendar bi bilo končno. Večina sodobnih kozmologov je precej skeptična do njegovega »eksotičnega« vesoljnega modela, čeprav je zanimiv in se vsaj posredno navdihuje pri častitljivem starem *Timaju*. (Nekateri malce posmehljivo imenujejo Luminetovo teorijo »model nogometne žoge«, na katero naj bi spominjal njegov sferični dodekaeder.) Vendar glavni razlog dvoma ni nenavadnost, fantastičnost te zamisli – navsezadnje, kaj je bolj »fantastično« od samega prapoka? – ampak težave pri njenem ujemanju z empiričnimi dejstvi. Luminet je v dobri znanstveni maniri tudi sam predvidel možnost izkustvene falsifikacije svoje teorije: če bi izmerili, da je »vrednost  $\Omega < 1,01$  [povprečna gostota vesolja], potem bi to izločilo Poincaréjev prostor kot fizikalni model« (Luminet, 2008: 302), ker povprečna gostota snovi/energije ne bi ustrezala predvideni ukrivljenosti prostora (povezani sta z Einsteinovimi enačbami splošne teorije relativnosti). Novejši zbrani in obdelani rezultati meritev satelita WMAP pa kažejo, da je vrednost  $\Omega$  s 95 % zanesljivostjo nekje med 0,9929 in 1,0181, torej ostaja – glede na Luminetov lastni kriterij falsifikacije – le malo možnosti, da je njegova teorija pravilna. Poleg tega dodekaedrični model verjetno ni kompatibilen s »teorijo inflacije« (gl. Luminet, 2008: 132), ki je tako rekoč sestavni del sodobne »standardne« kozmologije (čeprav tudi sama inflacija še ni dokončno potrjena). Zakaj potemtaka Luminet vztraja pri svojem sferičnem dodekaedru? Odgovor je na dlani: zaradi *estetskih* razlogov, ki pa nikakor niso znanstveno zanemarljivi.<sup>11</sup> Poglejmo nekaj teh razlogov, poleg lepe zgodovinske navezave na platonizem in renesančni hermetizem (pentagram, zlati rez ipd.). Torej, zakaj bi bil Luminetov sferični dodekaeder *lep* – in ravno s svojo lepoto primeren model za *resnično* »obliko vesolja«?

*Prvič*, sferični dodekaeder je geometrijsko telo z visoko stopnjo simetrije, ki pa vendarle ni popolna, tako kot pri sferi ali hipersferi. Sferična simetrija je sicer platonsko »najlepša«, toda sama po sebi (brez posega

---

<sup>11</sup> Znani kvantni fizik Paul Dirac je dejal: »Bolj pomembno je imeti lepe enačbe kot to, da se ujemajo z eksperimenti« (gl. Huntley, 1970: 76). V filozofiji je slavna tista Heglova izjava ob očitku, da se njegova znanost ne sklada z dejstvi: »Tem slabše za dejstva!« Hm?

demiurga v *Timaju* ali božjega *cincuma* v kabali, ali pa »lomov simetrij« v sodobni kozmologiji) ne more ničesar ustvariti ravno zaradi svoje popolnosti – medtem ko je v zanimivi, kompleksni, čeprav nepopolni simetriji sferičnega dodekaedra (in podobnih struktur) že vsebovano mnoštvo, implicitno tudi gibanje (dvanajst »faset«, rotacijski kot »lepljenja« ipd.). V tej »sintezi« simetrije in kompleksnosti se kaže matematična, strukturna lepota, filozofsko rečeno: *mnoštvo v enem*.

*Drugič*, Luminetov model vesolja je *končen*, platonsko (in nasploh klasično) gledano pa je končnost *lepša* od neskončnosti. Finitizem kot »ideal« uma je še vedno v ozadju naših misli o vesolju, tudi v sodobni kozmologiji. V pojmu neskončnosti prostora-časa so konceptualne težave, zlasti če si poskušamo zamisliti *dejansko* (aktualno) fizično neskončnost (gl. Uršič 2010: 294–326). Med hujšimi težavami neskončnega prostora-časa je tudi problem »dvojnikov«: kajti če je osnovnih *vrst* delcev neko končno, niti ne veliko število, kot predvideva »standardni model«, potem iz tega sledi, da je *število variacij* oziroma različnih možnih sestavov teh delcev (ob nekem omejenem številu delcev, na primer, kolikor jih sestavlja človeško telo) tudi *končno* – in četudi je število teh variacij zelo veliko, v *neskončnem* prostoru-času to pomeni, da se sestavi nujno ponavljajo, in to *ad infinitum*! Skratka, neskončnost prostora-časa skupaj s končnim številom regionalnih variacij implicira, med drugim, obstoj neskončnega števila mojih »dvojnikov« (ali tvojih ali njenih), ki so tako rekoč »v posmeh« osebnim identiteti, zavesti posameznikove edinstvenosti (gl. Luminet, 2008: 129–132). Natančne replike prav mene *samaga*, tudi če bi bile neznansko mnogo svetlobnih let daleč ali v kakem »drugem vesolju«, vsekakor niso nekaj *lepega*, vse preveč nas spominjajo na kloniranje bakterij v epruveti. Visoko razvita živa bitja nis(m)o lepa na enak način kakor posamezne, druga drugi enake celice simetrično pravilne kristalne mreže, naša lepota je drugačna, filozofsko bi jo lahko označili kot *različnost v istosti*.

*Tretjič*, Luminetovo vesolje ni le končno, ampak je tudi sorazmerno »majhno«, čeprav spet ne premajhno, da bi nam dajalo občutek takšne utesnjenosti, kot jo je občutil Giordano Bruno spričo sklenjenosti »nebesnega oboka« v aristotelsko-ptolemajski in srednjeveški podobi kozmosa. (Sicer pa je že Aristotel v *Poetiki* ugotavljal, da morajo biti stvari ravno »pravšnje« velikosti, da bi nam estetsko ugajale.) Vendar pri tej

človeški pripadnosti »srednjemu svetu«, našemu *Lebensweltu*, v katerem dejansko živimo, nekje sredi med največjim in najmanjšim, ne gre zgolj za »estetsko« prioriteto, ampak tudi za neko psihološko nujo, še več, za spoznavno nujnost, saj nam je razumljiv le takšen svet, ki je (vsaj v mislih) »sorazmeren s človekom« – tretja lepotna maksima je torej tako s filozofskega kot z življenjskega stališča: *človek v kozmosu*.

Seveda pa ne moremo nikoli zanesljivo (iz)vedeti, ali te maksime, ti »estetski argumenti« niso zgolj naše »subjektivne« želje – kot pravi tudi Luminet: »Kozmos je sinonim za red in lepoto. Vendar onstran te preproste etimološke ugotovitve nič ne vem o tem, ali je Vesolje <Universe> resnično lepo in harmonično, in o tem nimam nobenih prepričanj. Morda pa je le človeški duh tisti, ki hoče videti lepoto in simetrijo tam, kjer ju nemara sploh ni?« (Luminet, 2008: 139). Omenja tudi vedski pojem *maje* (vesoljnega »privida«) in se sprašuje, kako naj bi pri »podobah-prikaznih« na nebu razlikovali med prividom in resničnostjo. »Na nebu lahko vidiš le tisto, kar si pripravljen videti« (*ibid.* 140). Mi pa lahko končamo ta članek z lepo in resnično mislijo Maurica Merleau-Pontyja iz *Fenomenologije zaznave*: »Nič ni težje kot v resnici vedeti, kaj vidimo« (Merleau-Ponty, 2006: 78).

## L i t e r a t u r a

1. Gadamer, Hans-Georg (2001). *Resnica in metoda*, prev. Tomo Virk. Ljubljana: KUD Literatura, Zbirka Labirinti.
2. Harrison, Edward (2000). *Cosmology. The Science of the Universe* (2<sup>nd</sup> edition). Cambridge: Cambridge University Press.
3. Heisenberg, Werner (1977). *Del in celota*, prev. Katarina Bogataj-Gradišnik. Celje: Mohorjeva družba.
4. Huntley, H. E. (1970). *The Divine Proportion. A Study in Mathematical Beauty*. New York: Dover Publications.
5. Kaku, Michio (1994). *Hyperspace. A scientific Odyssey through the 10th dimension*. Oxford: Oxford University Press.
6. Kanitscheider, Bernulf (1991). *Kosmologie. Geschichte und Systematik in philosophischer Perspektive*. Stuttgart: Reclam.
7. Luminet, Jean-Pierre (2008). *The Wraparound Universe*. Wellesley, Mass.: A K Peters.

8. Magueijo, João (2004). *Faster Than The Speed of Light. The story of a scientific speculation*. London: Arrow Books.
9. Merleau-Ponty, Maurice (2006). *Fenomenologija zaznave*, prev. Špela Žakelj. Ljubljana, Študentska založba.
10. Morris, Richard (1992). *The Edges of Science. Crossing the boundary from physics to metaphysics*. London: Fourth Estate.
11. Peebles, James E. (2001). »Making sense of modern cosmology«. *Scientific American*, januar 2001.
12. Platon (2004). *Zbrana dela*, I. in II., prev. Gorazd Kocijančič. Celje: Mohorjeva družba.
13. Silk, Joseph (2006). *The Infinite Cosmos*, Oxford: Oxford University Press.
14. Smolin, Lee (1997). *The Life of the Cosmos*. Oxford Oxford University Press.
15. Uršič, Marko (2010). *Daljna bližina neba. Človek in kozmos (Štirje časi – Jesen)*. Ljubljana, Cankarjeva založba.
16. Uršič, Marko (2011). *Iskanje poti* (2. izd. knjige *Štirje časi – Pomlad*, 2002). Ljubljana: samozaložba.