

PETRIĆEVA SLIKA SVEMIRA I MODERNA KOZMOLOGIJA

TOMISLAV PETKOVIĆ

(Zavod za primijenjenu fiziku,
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb)

UDK 1(091)
Izvorni znanstveni članak
Primljen: 4. VI. 1997.

1. Uvod

U modernoj kozmologiji govori se o *homogenom i izotropnom Svemiru* što se univerzalno širi nakon *velikog praska* (*Big Bang*, engl.; *Urknall*, njem.). Pouzdanijim od drugih fizikalnih modela drži se model velikog praska po kojem je Svemir postao od naročite, trenutačne (istodobne) eksplozije svugdje u prostoru, a stvoreni se sastojci potom u vremenu, čiji tijek je tada i otpočeo, šire skupa s prostorom i hlade. To je razvitak (evolucija) Svemira, njegova *termodinamička povijest*: što mu je temperatura veća, prostorna mu je veličina manja, i obratno, veći Svemir hladniji je. Drugim riječima, evolucija Svemira s kozmološkim tijekom vremena od samog početka stalno pokazuje dva temeljna, astronomski i astrofizički vidljiva svojstva: širenje Svemira i njegovo hlađenje. Najpouzdanije eksperimentalno uporište slici Svemira prema velikome prasku dolazi, svakako, iz *Hubbleova otkrića 1929.* kojim je širenje Svemira opisano kvantitativno, na osnovi mjerenja frekvencijskog *pomaka crvenom* (*Red shift*, engl.; *Rotverschiebung*, njem.) spektralnih linija 18 udaljenih spiralnih galaktika, čije su udaljenosti bile dobro poznate. Hubbleovi empirijski podaci, dobiveni modernom i najfinijom *Dopplerovom metodom*, zaista su bili »turning point« u napuštanju stoljetne statičke slike Svemira i prihvaćanju dinamičkih modela Svemira. U modelu stacionarnog Svemira galaktike bi se, naime, gibale slučajno. Međutim, mjerenja su pokazala da većina galaktika pokazuje pomak crvenom, da odmiču, dok tek rijetke (neke) od njih pokazuju pomak modrom, na primjer najbliža *Andromeda maglica*.

Koliko kozmofizičari čestica (*cosmoparticle physicists*) danas vjeruju u dinamičke modele Svemira, najbolje pokazuje stav *S. W. Hawkinga*, jednog od najuglednijih suvremenih kozmologa. Taj Hawkingov stav o dinamičkoj naravi Svemira, poznat pod skraćenicom *NBP (No-Boundary Proposal)*, koji je zapravo metafizički, postulira granični uvjet Svemiru takav da granice ne bude (*»The Boundary Condition of the Universe is That It Has no Boundary.«*). Naime, u fizikalnim modelima Svemira zastupljene su, u većoj ili manjoj mjeri, tri odrednice:

- fizikalne varijable i parametri,
- dinamički zakoni (npr. Einsteinove jednačbe gravitacijskog polja),
- granični (rubni) uvjeti,

a svi se modeli, pak, temelje na skupu nekoliko čvrstih pretpostavki. Prva je da se osnovni zakoni fizike ne mijenjaju s vremenom (*invarijantnost fizikalnih zakona*), zatim da su gravitacijske pojave dobro opisane *Einsteinovom općom teorijom relativnosti*, te da razvitak Svemira nakon velikog praska ima neobratljivu svemirsku kronologiju, tzv. kozmološki smjer vremena ili *strelicu vremena (Arrow of Time, engl.; Zeitpfeile, njem.)*. Važna je i pretpostavka o materiji (tvari) u Svemiru. Pretpostavlja se, fenomenološki, da je u ranim trenucima Svemir bio jednoliko ispunjen plinom elementarnih čestica naročito visoke temperature. Plin (materija) je ispunjavao cijeli prostor, ali se širio zajedno s prostorom. Srednja gustoća materije i energije u nastalim velikim područjima, na astronomskoj skali, ostala je približno jednakom tijekom povijesti Svemira. Promjene stanja materije ili zračenja u dobroj su približnosti tekle glatko (osim u modelima napuhujućeg Svemira), tako da je evolucija Svemira tekla glatko.

Ipak, unatoč dobrim eksperimentalnim potvrdama, standardni model velikog praska suočava se s ozbiljnim teorijskim poteškoćama, što dovodi do njegovih izmjena, dotjerivanja ili, pak, komplementarnog dopunjavanja (na primjer, modelima napuhujućeg svemira za najranije njegove epohe). U tom kontekstu naročito treba izdvojiti Hawkingov optimistički pristup glede daljnjeg razvitka moderne kozmologije. On smatra da su mogući bitno novi odgovori na temeljno pitanje kako je svemir započeo. Takve odgovore, zasnovane na zakonima znanosti (*Laws of Science*) moguće je dobiti novim teorijskim konceptom *kvantne gravitacije QG (Quantum Gravity)* koja treba biti snošljiva (kompatibilna) s *kvantnom teorijom polja QFT (Quantum Field Theory)* i *općom relativnošću (General Relativity)*. Hawkingova grupa u Cambridgeu, pokušavajući rekonstruirati najranije trenutke svemira, razvija ne samo nove izvorne koncepte (*NBP, imaginarno vrijeme, dječji svemiri, ...*) nego i superračunalima pokušava simulirati početni razvitak i strukturu svemira, utemeljujući time i novu znanstvenu granu – *računarsku kozmologiju (Computing*

Cosmology). Ne samo da nam preteškim izgleda obrazlaganje ovih novih teorijskih koncepata zbog formalnomatematičkih razloga već bi nas to sigurno odvelo stranputicom od zadane teme, pa ćemo zato problem smjestiti u filozofijski vidokrug, gdje, možda, najprije i spada. Naime, ponovo izranja skup temeljnih pitanja što ih moderna kozmologija baštini iz kolijevke najstarijeg filozofskog mišljenja, a koji čine nužnom njenu suradnju i dijalog s filozofijom/metafizikom. Govoreći precizno, to je skup *ontološko/gnoseoloških pitanja*, a ovdje ih nastojimo izvorno formulirati, suvremenim izričajem, iako time, možda, još pojačavamo njihovu agnostičku narav:

- *Da li u tvrdnji o stvaranju Svemira iz ničega (»Creation of Universe from Nothing«), koju jednostavno izgovaraju mnogi suvremeni kozmofizičari čestica, treba vjerovati samo zbog njene jednostavnosti?*
- *Je li Svemir prostorno konačan ili beskonačan?*
- *Je li trodimenzionalni prostor otvoren ili zatvoren, ravan ili zakrivljen?*
- *Ima li Svemir vremenski početak i/ili vremenski kraj? Je li Svemir vječan?*
- *Kako objasniti homogenost i izotropnost Svemira, ili njegovu plosnatost¹ (»flatness«)? Da li jedino specijalnim graničnim (rubnim) uvjetima u našem Svemiru?*
- *Kako protumačiti smjer vremena? Da li samo specijalnim graničnim (rubnim) uvjetima u našem Svemiru?*

Gornja pitanja upućuju na interdisciplinarnost, na nužno povezivanje znanstvenika u istorodnome polju, ali i iz raznorodnih polja. Potrebna je problematska povezanost astronoma, astrofizičara – teoretičara i eksperimentalaca, fizičara čestica, filozofa i teologa da bi do značajnih znanstvenih pomaka (otkrića) dolazilo pouzdanije i češće i da bi se barem pokoje od gornjih pitanja moglo smatrati riješenim. Pokazat ćemo mogućnost i uspjeh ovakvog povezivanja filozofije, fizike i astronomije na povijesnom, renesansnom, primjeru stvaranja *Kopernik – Kepler – Newtonove* slike Svemira. Ovakav ogled ima još jednu naročitu motivaciju: želimo istražiti i pokazati je li moguće ovom nizu ravnopravno dodati *Franu Petrića (Petriš, Petris, Petrišević, Patritius, Patricius, Patrizi, Fransiscus; Cres, 25. 4. 1529. – Rim, 6. 2. 1597)*, velikog neoplatoničkog filozofa, renesansnog polihistora i jednog od najvećih hrvatskih mislilaca². Interes za djelo Frane Petrića povećava se posljednjih godina, napose

¹ Plosnatost Svemira u općoj relativnosti (teoriji gravitacije) fenomenološki se može dobro predočiti i kao zakrivljenost njegova prostorvremena (metrike) zbog prisutnosti (razdiobe) masa u Svemiru. Ona se i parametrizira u *Newtonovoj aproksimaciji (post-Newtonovoj granici)* i taj parametar u Einsteinovoj općoj relativnosti ima vrijednost jednaku jedinici.

² Petrićevu filozofiju istraživali su mnogi hrvatski i drugi autori, naročito u zadnjih tridesetak godina. O tome postoji raznovrsna domaća i međunarodna literatura. Ovdje ćemo spomenuti tek

za one aspekte njegova djela koji mogu biti važni za modernu znanost i umjetnost³. Dakle, želimo pokazati rezom u Petrićevu izvornom tekstu i pomnim istraživanjem Petrićeve teorije prostora koristeći koncepte i alate suvremenih kozmoloških modela, je li on toliko zaslužan da bi mogao (o)stajati u nizu najznačajnijih imena:

Kopernik – Kepler – Newton – Petrićeve predrelativističke kozmologije (slike Svemira)?

jedan primjer najnovijeg koherentnog rada o Petriću iz opusa *Ljerke Schiffler* koja višegodišnjim kompetentnim istraživanjima, napose Petrićeve poetike i filozofije umjetnosti, aktualizira cjelokupno Petrićevo djelo u povijesti europske i hrvatske misli. Knjiga Lj. Schiffler *Frane Petrić/Franciscus Patricius – Od škole mišljenja do slobode mišljenja* (Institut za filozofiju, Zagreb, 1997) prva je knjiga napisana povodom 400. obljetnice Petrićeve smrti. Knjiga otkriva kako su *djelo i model mišljenja* Frane Petrića na zalasku renesanse bili sigurnom filozofijskom osnovom za početak i razvitak novovjekovne znanosti i umjetnosti. Ona je dosad najbolji i najpostupniji pregled Petrićeva modela mišljenja, s obiljem komentara i interpretacija te pregledom najznačajnijih hrvatskih i svjetskih autora koji su se bavili Petrićem, velikom hrvatskom i europskom figurom u sutonu renesanse. Vrijedna je i knjiga *Mihaele Girardi Karšulin, Filozofska misao Frane Petrića* (Institut za povijesne znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 1988) koja u povijesnome okviru interpretira izvore i Petrićevu sintezu platoničke i aristotelovske tradicije.

Prirodnu filozofiju Frane Petrića u hrvatskom i europskom kontekstu najpotpunije je obrađivao akademik *Žarko Dadić*. Spomenut čemo samo njegove dvije fundamentalne knjige u polju povijesti znanosti: *Hrvati i egzaktna znanost u osvitu novovjekovlja* (Naprijed, Zagreb, 1994) i *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici* (Školska knjiga, Zagreb, 1992). Među utemeljitelje novovjeke znanstvene slike svijeta Dadić ubraja Petrića, posebno analizirajući njegove izvorne priloge koncepcijama prostora, u astronomiji, te ostalim prirodnoznanstvenim pojmovima. Akademik Dadić upravo piše veliku monografiju o Frani Petriću povodom 400. obljetnice njegove smrti u kojoj će zasigurno biti novih tumačenja i pogleda u veliko Petrićevo djelo, kao plod dugogodišnjeg Dadićeva istraživanja Petrićeve prirodne filozofije.

Prigodom 400. obljetnice Petrićeve smrti na Sveučilištu u Ferrari od 21. do 23. svibnja 1997, u krasnoj palači *Palazzo Renata di Francia*, održan je skup talijanskih, američkih i hrvatskih filozofa i filozofa znanosti koji istražuju djela Frane Petrića i njihovo suvremeno značenje u filozofiji, umjetnosti i znanosti. Skup je imao naziv *Francesco Patrizi – Filosofo Platonic nel crepuscolo del Rinascimento*, a organizirali su ga Fakultet za književnost i filozofiju Sveučilišta u Ferrari (Facoltà di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Ferrara) i Sveučilište East Carolina (East Carolina University, Greenville, NC U.S.A.) u okviru međusveučilišnog projekta *Istraživanja renesanse (Studi Rinascimentali)*. Na skupu su izlagala 23 predavača: 11 talijanskih, 9 američkih, 2 hrvatska (Ljerka Schiffler, Tomislav Petković) i jedan hrvatski filozof sa Sveučilišta u Sarajevu (Vladimir Premec).

³ U okviru Hrvatskog filozofskog društva i grada Cresa priređuju se od 1992. godine *Dani Frane Petrića* u Cresu. Ove godine Hrvatsko filozofsko društvo priređuje šesti međunarodni simpozij *Dani Frane Petrića*. Ovogodišnji simpozij u Cresu izdvaja se od prijašnjih pet podudaranjem s 400. obljetnicom smrti toga našega renesansnog filozofa i polihistora. U toj situaciji simpozij se prepoznatljivo orijentirao izboru, promišljanju i vrednovanju različitih vidika Petrićeva djela: povijesno-filozofskog, povijesno-znanstvenog, poetičkog, estetičkog, etičkog, logičkog, prirodnoznanstvenoga i politološkoga. Preko 50 priloga filozofa i znanstvenika iz Hrvatske, Italije, SAD, Njemačke, Bosne i Hercegovine i Mađarske potvrđuje moderni interes i aktualnost Petrićevog djela danas.

2. Kozmološki princip

U standardnome modelu velikog praska govori se o Svemiru velike jed-
nolikosti, o njegovu sferno simetričnom širenju. Postulira se prirodnofilozof-
ski *kozmoški princip o homogenom i izotropnom Svemiru* na galaktičkim
skalama, za razliku od rigoroznijeg *Machovog principa* koji uz ova svojstva
postulira još statički i zatvoren Svemir u prostoru. Poznato je kako je Machov
princip tvrdo utjecao na A. Einsteina koji je, tražeći statičko prostorno-vre-
mensko rješenje za cijeli Svemir, umetnuo u svoje izvorne jednadžbe polja
1915. sićušnu pozitivnu konstantu, tzv. *kozmoški član* Λ ($\Lambda \geq 0$). Ova kon-
stanta, još nepoznate bročane vrijednosti, poravnava privlačno djelovanje
gravitacije na vrlo velikim udaljenostima djelujući kao opća odbojna sila u
Svemiru (prostoru) da bi on bio statičkim. Uvođenje kozmoške konstante
načinom »Deus ex machina« u jednadžbe gravitacijskog polja Einstein je
nazvao »najvećom nepodopštinom« (*Eselei*, njem; *the biggest blunder*, engl.) u
svom životu nakon što je saznao za Hubbleovo otkriće o širenju Svemira.
Ovdje želimo naglasiti da je *Bošković* prvi precizno i savršenije formulirao
zakon sila glede *Newtonovog općeg zakona gravitacije* koji opisuje uvijek pri-
vlačnu (atraktivnu, pozitivnu) silu, bez sklonosti prijelaza iz negativne u poziti-
vnu silu i obratno. Boškovićeva sila alternira od privlačne u odbojnu, i
obratno. Međutim, pri vrlo malim udaljenostima Bošković nije prihvatio po-
zitivnu silu kao Newton, već samo negativnu koja postaje beskrajno velika
kako udaljenosti beskrajno opadaju. Bošković je do takva zaključka došao
pomnim istraživanjem sruza tijela i promjene brzine u srazu. Genijalno je bilo
njegovo prirodnofilozofsko poopćenje kako sila među atomima mora biti
odbojna u čvrstom tijelu ako se oni primiču bliže od ravnotežnog položaja.
Einsteinova odbojna sila na gravitacijskoj (kozmoškoj) skali ima isti misaoni
korijen kao i Boškovićeva, samo Boškoviću pripada čast da je prvi uveo pojam
odbojne prirodne sile u povijesti ideja i znanosti.

Kozmoški princip moderne kozmologije često se naziva i *Kopernikovim
principom*. Naime, Kopernik je heliocentričkim sustavom (Svemirom) prvi
znanstveno pokazao da ne živimo u središtu Svemira⁴, da nam ne pripada
naročiti ili specijalni položaj u njemu. Uz prirodnofilozofsku formulaciju Ko-
pernikov se princip u suvremenoj kozmologiji formulira i kvantitativno, po-
moću krucijalnog parametra srednje gustoće materije u Svemiru Ω_0 koji, pak,
ovisi o Newtonovoj konstanti gravitacije i Hubbleovoj konstanti. Dinamika se

⁴ Rođenje moderne astronomije i postanak moderne, matematičke prirodnofilozofske slike Svemira općenito se u suvremenoj kozmologiji povezuje s objavljivanjem glavnog Kopernikovog djela *De Revolutionibus Orbium Coelestium (O obrtanjima nebeskih krugova)*, tiskanog 1543. godine u Nürnbergu.

Svemira sada pomoću parametra Ω_0 jednostavno interpretira. Ako je $\Omega_0 > 1$, Svemir će u budućnosti skončati u drugu singularnost, *krajnje stezanje ili veliki zgrušaj* (*Big crunch, engl; Endknall, njem.*). Ako je $\Omega_0 < 1$, Svemir će se širiti vječno, on je otvoren (*open Universe*). Sve donedavno se vjerovalo, naročito pod utjecajem modela napuhujućeg svemira (*inflationary universe models*), da je gustoća Svemira vrlo bliska kritičnoj gustoći, $\Omega_0 = 1$, što bi odgovaralo jednostavnom *Einstein–de Sitterovom modelu Svemira bez prostorne zakrivljenosti i vječitog širenja* (parametar zakrivljenosti $k = 0$, $\Lambda = 0$ i $\Omega = 1$). Međutim, nedvojbena astronomska podaci o *vidljivoj materiji* (*Luminous Matter*) izgrađenoj od *svakodnevnih tvari* (*kvarkova i leptona*) *i/ili zračenja* (*kvanti polja*), podržavaju otvoreni Svemir niske gustoće. Iz mjerenja rotacijskih krivulja spiralnih galaktika, iz dinamičkih procjena tzv. galaktičkih odjeka (*galactic haloes*), nagađa se da bi galaktike mogle sadržavati velike količine *tamne materije* (*Dark Matter*) što bi povećalo kozmološku gustoću. Vidimo, dakle, kako je Ω_0 bitni parametar u dinamičkim modelima Svemira, o čemu treba voditi računa i u preciznim formulacijama kozmološkog (Kopernikovog) principa. Suočeni smo s logičkim poteškoćama (zagonetkama) glede dinamičkog (vremenskog) vladanja parametra gustoće. Naime, ako se Ω mijenja s vremenom, tada bi Ω trebao biti sve bliži i bliži jedinici gledamo li dublje u prošlost. Otkud ovakvo fino vremensko podešavanje parametra Ω ? Sučeljava nas to, također, s poteškoćom kako *a priori* nema razloga da smo baš mi u takvoj izdvojenoj epohi u kojoj bi Ω_0 (donji indeks $_0$ označava našu epohu) morao imati vrijednost blisku jedinici. Glede vremenske varijabilnosti Ω , za slučaj otvorenog Svemira, možemo formulirati, zapravo, *narušenje Kopernikova principa: nemamo naročito ili specijalno vremensko mjesto u Svemiru*. Tek ako je Svemir ravan ili plosnat ($\Omega = 1$), Ω se ne mijenja s vremenom, pa imamo savršeno zadovoljen Kopernikov princip. Dakle, i u ovakvim formulacijama Kopernikov princip najizravnije dotiče svemirski prostor, otkriva njegovu narav na kozmološkoj skali. Posebno naglašavamo da aktualni razvoj, ne samo u kozmologiji i fizici čestica nego i u filozofiji znanosti značajno obilježavaju rasprave o *antropičkome ili čovjekoslovnome načelu* (*Anthropic Principle*), bilo u njegovoj blažoj formulaciji (*Evolucija života zasnovana na ugljiku pretpostavlja u Svemiru selekciju opaženih vrijednosti fizikalnih i kozmoloških veličina koje pogoduju pojavi života*) ili u strogoj formulaciji (*Svemir mora imati baš takva svojstva koja dopuštaju razvitak inteligentnog života*). Međutim, ovo važno filozofsko i znanstveno načelo zaslužuje posebnu obradbu.

Pristupimo, nakon ovih suvremenih kozmoloških interpretacija, analizi Petrićeve teorije prostora, koju je on formulirao kao sastavnu komponentu svoje kozmologije u 16. stoljeću, te kratko nazvao *De Spatio Physico*.

3. Petrićeva teorija prostora

U slavnoj prvoj knjizi *De Spatio Physico (Pancosmia)*⁵ Petrić razvija drukčiju, i savršeniju teoriju prostora (*Spatium*) od Aristotelove. O njemu Petrić ne razmišlja metodologijom Aristotelovih kategorija (*«Itaque aliter de eo philosophadum, quam ex categoriis»*, str. 65) već fizikalno, polazeći od iskustva, oslobodivši konačno pojam prostora skolastičke kontrarnosti *supstancija – akcidencija*. Petrić je teoriju prostora izgradio na antiperipatetičkim osnovama, na metodološkom uvjetu da o prostoru valja filozofski drukčije razmišljati, u duhu renesansnog platonizma.

Na poznatome mjestu (208 b) Aristotelove *Fizike*⁶ dokazuje se iz uzajamnog premještanja fizičkih elemenata kako *mjesto ili prostor* (ἡ χώρα) nužno, netjelesno i neuništivo postoji, a uz tri protežnosti (duljina, širina, dubina) glavno mu je svojstvo moć (δύναμις) da tjelesa *nosi* na njihova mjesta, gore ili dolje, desno ili lijevo. Petrićev nauk prostora zasniva se na iskustvu, temelji se na analizi odnosa konkretnih tijela i prostora, na stvarnim primjerima ili zamišljenim pokusima, da bi analiza urodila na kraju jasnim prirodnofilozofskim, teoretskim formulacijama.

Odmah na početku Petrić daje intuitivno objašnjenje kako je prostor preduvjet postanka i uvjet opstanka stvari i svih bića. Sve stvari, sva bića, trebaju prostor da bi bile, a prostor ni jednu od njih ne treba da bi postojao. Njemu je *prostor* *mjesto*, tijela su u mjestu (*«Corporibus esse in loco, hoc est in spatio»*). Osjetilno, svakodnevno poimanje svih ljudi, ne samo Latina ili Grka, suglasno je s tim da postoje tri prostora, ili modernim matematičkim izričajem tri njegove dimenzije. Zovemo ih *Petrićevim prostorima (dimenzionalnostima)*. Prvi prostor (*primum spacium*) jest *dužina (longitudo)* bez širine ili razmak (*intervallum*), drugi (*secundum spacium*) je *širina (latitudo)* i treći (*tertium spacium*) *dubina (profundum)*. Interesantna je i Petrićeva definicija prirodnog tijela. Prirodno tijelo (*corpus naturale*) ima tri dimenzije, ali i naročito fizikalno svojstvo opiranja (*antitypia*) pod kojim se podrazumijeva svojstvo otpornosti (*resistentia*). Ovo je svojstvo krutih, fizikalnih tijela Newton kasnije nazvao *inercijalnom masom* i matematizirao u glasovitome 2. aksiomu gibanja. Petrićev trojstveni prostor s tri dimenzije i fizičkim tijelima u njemu možemo jasno geometrijski predočiti u euklidskoj geometriji s kojom je njegov nauk prostora uskladen. Međutim, prvim ciljem fizikalnog nauka prostora, što Aris-

⁵ Frane Petrić, *Pancosmia, knjiga prva, Fizički prostor*, u *NOVA SVEOPĆA FILOZOFIJA*; Franciscus Patritius, *Pancosmias, Liber primus, De spatio physico, NOVA DE UNIVERSIS PHILOSOPHIA*; dvojezično izdanje, Biblioteka Temelji, Liber, Zagreb, 1979.

⁶ Aristotel, *FIZIKA*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1987. (Predgovor, prijevod i sedmojezični tumač pojmova T. Ladan); knjiga Δ. IV, str. 81–82.

total nije, prema Petrićevim riječima, uspio sagledati, Petrić drži odgovorom na pitanje *je li prostor nešto?* Valja, najprije, započeti od odnosa konkretnih tijela i prostora. Prostor ili mjesta koja umještaju tijela po naravi su i vremenu prije tijela i tjelesnih svojstava. Mjesto – jer nije tijelo – nužno je trojstveni prostor s tri protežnosti: dužinom, širinom i dubinom. Ono u se prima i obuhvaća dužinu, širinu i dubinu umještenih tijela. Prirodnofilozofski je bit prostora Petrić sažeo u zaključku da je prostor pravo mjesto, a mjesto pravi prostor (*»Et spacium, verus fit locus. Et locus, verum fit spacium.«*, str. 62). Petrić genijalno zaključuje da je vlastito svojstvo prostora da je prazan, da je prostor po naravi i vremenu prije (*...»natura et tempore prius«...*) nego svijet, nego mjesto, nego tijela, nego tjelesna svojstva. Kruna ovih Petrićevih razmatranja čisti je znanstveni iskaz o prostoru kao samostojnom protezanju, što opstoji po sebi, ni za što vezanim (*»Spatium ergo extensio est hypostatica, per se substans, nulli inhaeraes«*, str. 65), kao i prirodnofilozofske formulacije o svedržjećem i sveprožimajućem prostoru. O prostoru koji je prije svijeta (*ante mundum*), koji svijet obuhvaća (*mundum capit*) i nadilazi (*et excedit*). Prostor je, zaključuje Petrić, božanski, a nematerijalan – od Boga stvoren – ujedno je i metafizički put Bogu.

Praznina (*vacuum*) je drukčije ime za prostor od onog što ga obuhvaća tijelo, a koje zovemo mjestom. Postoje mali i veoma mali prazni prostori između tijela u svijetu, *prazni prostorčići* (*vacua concedantur*). Kruta i tekuća tijela porozna su, te imaju u sebi raspršene *prazne prostorčiče*. Petrić zaključuje da u svijetu ima praznog prostora (vakuuma) isto onoliko koliko i punog. Ovaj je zaključak izveo fizikalnim načinom razmišljanja, razlogom simetrije ustvrdio je da mora biti jednako punog i praznog prostora. Izvornost i dubinu Petrićevog *preliminarnog koncepta vakuuma* najbolje vidimo u činjenici da tek preko stotinu godina kasnije *Torricelli*⁷, početkom 17. stoljeća, otkriva kako zrak (atmosfera) tlači (sile pritiska) plohe u posudama, odnosno *Guericke*⁸ u svojim slavnim i spektakularnim pokusima u *Magdeburgu* sredinom 17. stoljeća.

Velika, a možda i najveća Petrićeva zasluga jest u postuliranju prostora izvan svijeta koji postoji kao prazan. Aristotel se protivio tome da izvan, onkraj neba postoji mjesto, prazan prostor, tijelo, gibanje ili kakvo vrijeme. Petrićevo je gledište naprednije i savršenije i u logičkome skladu s njegovom teorijom prostora, jer prazan prostor izvan svijeta uvijek postoji kao potencijalnost, koja i stvarno može postati mjestom.

⁷ Evangelista Torricelli (1608–1647).

⁸ Otto von Guericke (1602–1686).

4. Petrićev kozmološki model i Kopernikov princip u modernoj kozmologiji

Koncem 17. stoljeća (1691) Newton⁹ je formulirao teoriju gravitacije. Bila je to, zapravo, Newtonova kozmologija. Newton je smatrao da su zvijezde (nebeska tijela) jednoliko raspoređene u beskonačnome prostoru, iako je već tada bilo očito da su one nakupljene u Mliječnome putu jer je već u upotrebi u astronomskim motrenjima bio Galilejev teleskop¹⁰. Newton je po svaku cijenu tražio objašnjenje za *stabilnost (statičnost)* Svemira jer je od antičkog doba bilo poznato da zvijezde stajačice imaju stalni položaj na nebu. Njegov je argument bio da gravitacija u konačnom sustavu zvijezda u konačnom prostoru, da bi se spriječio kolaps zbog međusobnog privlačenja, mora biti izjednačena s privlačnom silom dovoljnog broja zvijezda izvan tog sustava koje su jednoliko raspoređene u beskonačnome prostoru. Newtonov je zaključak, kako se kasnije pokazalo, kriv jer dodatni vanjski slojevi zvijezda nemaju utjecaja na dinamiku unutrašnjih, a k tome ukupni broj zvijezda nije smio biti beskonačan što bi rezultiralo beskonačnim privlačenjem i potpunom nestabilnošću Svemira. Newtonov suvremenik i suparnik Leibniz¹¹ smatrao je da je Svemir razapet (usvođen) u apstraktnome, beskonačnom prostoru, ali da nužno mora biti beskonačan broj zvijezda jednoliko raspoređenih u njemu jer bi Svemir u suprotnom bio ograden (zatvoren) te imao središte (naročito ili preferirano mjesto). U to se vrijeme, dakle, konačnost (*finiteness*, engl.) Svemira izjednačavala s njegovim ograničenjem (*boundedness*, engl.), a beskonačnost s neograničenjem (*unboundedness*, engl.).

Dakle, Frane Petrić objavljuje svoju teoriju prostora (1591) nakon Kopernikove¹² smrti, kao Galilejev suvremenik, ali stotinu godina prije Newtonovih i Leibnizovih kozmoloških teorija. U Petrićevo vrijeme, dakle, nije bilo još dobro definirane kozmologije zasnovane na matematičkoj teoriji gravitacije. Naime, Newtonova *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* pojavljuje se 1687. i tek je alatom ove teorije bilo moguće objasniti, protumačiti i razumjeti empirijske Keplerove zakone o gibanjima planeta po eliptičkim stazama gdje je Sunce u jednom od žarišta elipse. Danas smatramo da se Newtonovom teorijom gravitacije dobro mogu opisati mnoge planetarne i satelitske nebeske pojave. Kao zatvorena teorija, ona je nerelativistička granica (aproksimacija) točnijoj Einsteinovoj relativističkoj teoriji gravitacije. Interes za Newtonovu teoriju veliki je i danas. Spomenimo samo vrlo zanim-

⁹ Sir Isaac Newton (1642–1727).

¹⁰ Galileo Galilei (1564–1642).

¹¹ Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646–1716).

¹² Nikola Kopernik (1473–1543).

ljivu monografiju *Newton's Principia for the Common Reader* (Oxford University Press, 1995) iz pera uglednog nobelovca, astrofizičara S. Chandrasekhara koji je preminuo nekoliko mjeseci nakon što je knjiga objavljena. Zanimljivo je da ju je on napisao na nagovor S. Hawkinga i W. Izraela kad se 1987. obilježavalo 300 godina gravitacije, kad su kozmolozi slavili 300. godišnjicu objavljivanja *Principia*.

Petrić u teoriji prostora obrađuje i najstarija kozmološka pitanja i u toj temeljnoj filozofskoj disciplini daje vlastita, originalna rješenja. Najstariji kozmološki prijepor o konačnosti ili beskonačnosti prostora, *graničnosti, zatvorenosti (close Universe, engl.) ili bezgraničnosti, otvorenosti (open Universe, engl.)*, Petrić je u duhu vlastitog renesansnog vremena usmjerio na fizikalnu, empirijskoteorijsku razinu, promišljajući pravi, supripadni prostor svijeta, onaj koji je mjesto svijeta i u kojem svijet jest. Njegovi su zaključci logički i fizikalno opravdani, a izvornost im je u postuliranju beskonačnog prostora. Naime, Petrićeva fizika prostora govori o konačnome i beskonačnome prostoru: konačan, ograničen ili zatvoren vanjskom ploštinom (granicama) svijeta, dok prostor postaje beskonačan dalekim udaljavanjem od svijeta (*«Qua vero digreditur a mundo, ab eoque procul abit, in infinitum transit.»*, str. 64). Obrazloženje ovakvog teorema nije potvrđeno računom ili eksperimentalnim činjenicama, već je argumentirano metafizički, dobrim aparatom Aristotelove logike. Naime, vrlo udaljeni prostor ili, u Petrićevoj formulaciji, beskonačni prostor, ne može biti omeđen svijetom, a ni samim sobom jer bi tada međa i omeđeno, mjesto i umješteno bili isto. Prostor izvan svijeta stvarno je neograničen, i to u topološkom smislu, jer Petrić kaže da je neograničen crtama ili površinama ili dubinama.

U Petrićevoj analizi koncepta praznog prostora, kad mu se najpažljivije pristupa, otkrivamo ideje slične modernim kozmološkim modelima iskazane, naravno, filozofskim jezikom a ne preciznim definicijama moderne više matematike (geometrije). Tako Petrić smatra da kad bi svijet bio sažezhen (... *»mundum hunc coflagraturum«...*, str. 63), njegovim pretvaranjem u plin (dim ili paru) da bi zauzeo stotine tisuća puta veće mjesto od aktualnoga. Ili, drugi Petrićev teološki *Gedankenexperiment* o Božjoj mogućnosti da svijet stegne u manji obujam (... *»in minorem a Deo contrahatur molem«...*, str. 63), čime bi zapravo, svakako, ostalo nešto praznog prostora od sadašnjeg mjesta. Ove su Petrićeve ideje, zapravo, argumenti za postojanje praznog prostora nasuprot uvriježenoj Aristotelovoj tradiciji. One su slične modernim kozmološkim opisima stanja vrlo ranog Svemira, koji su, pak, plod fizikalnih scenarija razvitka svemira uz pretpostavljene početne uvjete, fizikalna polja i sile, vrste i broj čestica (svemirska tvar) u svemiru s matematički dobro opisanim dinamičkim zakonitostima između njih. Takav je, na primjer, model napuhivanja (inflacije), odnosno model velikog praska s napuhujućim svemirom koji je primi-

jenjen na Svemir star tek oko 10^{-35} sekundi dobro objašnjava neke njegove zagonetke i otkriva njegova neobična svojstva. Ovaj model, na primjer, predviđa ravnini Svemir (parametar kritične gustoće ili parametar plosnatosti $\Omega = 1$). O naglom napuhivanju i stotine tisuća puta uvećanom svemiru govori i Petrić, naravno bez točnog fizikalno-matematičkog modela i dinamike.

Smatramo, što smo i dokazali dosadašnjom analizom, da je Petrić u teoriji prostora postulirao *izotropni i homogeni prostor*, što ga je od njega kasnije baštiniio Newton. Naime, Petrić svoju teoriju prostora kategorički smatra fizikalnom, ne bježeći od empirijskih (astronomskih) podataka koji još, uostalom, i nisu bili u njegovo vrijeme toliko »zreli i nagomilani«. Uvidjevši da je pojam stvarnog, fizikalnog prostora korijen kozmologije, Petrić koncentrira u *De spatio physico* vlastiti nauk prostora u formuliranje pojma izotropnog i homogenog prostora:

Ako se iz središta svijeta na sve strane protegnu crte, sve do zakrivljene površine svijeta, sve će biti jednake, ali konačne (»Si enim a centro ipsius, quod est mundi centrum, quaquaversum lineae protrahantur, usque ad mundi conuexam superficiem, aequales erunt omnes, sed finitae.«).

Ovim postulatom Petrić smatra da je svijet, njegov prostor izotropan, odslkavajući njegovu istovjetnu, izotropnu strukturu u svim smjerovima. I to drži najčišćim, temeljnim svojstvom prostora. Tako pojmljeni prostor baš je preduvjet ili korijen, on je kao izvor za opću fizikalnu teoriju, na primjer kozmologiju ili teoriju gravitacije. Zato i u naslovu knjige stoji fizikalni prostor, što je, izgleda, najplodnije razumio Newton¹³, baštineći od Petrića pojam beskonačnog, izotropnog i homogenog prostora.

5. Petrićeva slika Svemira i njeno mjesto u kozmologiji

Petrićev kozmološki model, koji se osniva na njegovoj teoriji fizikalnog prostora, najjednostavnije možemo predočiti geometrijskom slikom kugle koja odražava inherentnu simetriju sfernog izotropnog Svemira. Svi motrioci u njemu imaju istu sliku Svemira. S oplošja (granice) takve kugle smjeraju radijalne strelice prema vani. Ako bismo strelice što označavaju beskonačan

¹³ Utjecaj Petrićeve prirodne filozofije, napose teorije prostora, na Newtonovu astronomiju i prirodnofilozofsku teoriju, spominje i suvremeni filozof znanosti M. Jammer u poznatoj knjizi: *Concepts of Space (The History of Theories of Space in Physics)*, Second Printing, Second Edition, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1954. Usporedi treće poglavlje u kojem Jammer obrađuje oslobađanje pojma prostora od Aristotelovih gledišta (Chapter 3, *The Emancipation of the Space Concept from Aristotelianism*, p. 53–94), a naročito poglavlje o pojmu apsolutnog prostora (Chapter 4, *The Concept of Absolute Space*, p. 95–126), gdje Jammer spominje utjecaj Petrićevce teorije prostora (str. 110) na Newtonov pojam prostora izložen u *Philosophiae naturalis principia mathematica*.

(prazan) Petrićev prostor poistovjetili s Hubbleovim udaljavanjem galaktika, naziremo podudarnost Petrićeva stacionarnog, predrelativističkog jednostavnog modela Svemira s modelom dinamičkog Svemira koji se nakon velikog praska vječno širi. Na kraju krajeva, polazeći od geometrije prostora i povezujući je s razdiobom masa (materije) u njemu, Einstein je izgradio opću teoriju relativnosti.

Zadržimo se, međutim, na Petrić-Newtonovoj slici svijeta. Newton je tvrdo smatrao da su zvijezde sunca što su jednoliko rasute u beskonačnome prostoru (*Petrićev utjecaj?!*), premda je empirijski bilo otkriveno da postoji njihova nakupina u Mliječnome Putu. Razdioba je homogena ako je jednolika, a izotropna kad ima ista svojstva u svim prostornim smjerovima. U homogenom i izotropnom prostoru, razdioba materije izgledat će svakom motriocu isto bilo gdje u prostoru. Nema, dakle, naročite ili posvećene točke. Podrazumijeva se da materija (tvar), kao takva, unosi zgrušnjanja koja uveliko narušavaju homogenost na skali zvjezdanih udaljenosti. Ali, na još većim kozmološkim udaljenostima, homogenost i izotropnost mogu se smatrati dobrom aproksimacijom. Stoga se za takve udaljenosti i postulira *koz-mološki princip*, koji se katkad naziva *Kopernikovim principom* (*The Copernican principle*)¹⁴:

Svemir je homogen i izotropan u trodimenzionalnome prostoru – uvijek je tako bilo i tako će uvijek ostati.

Princip se postulira za Svemir s *Friedman-Robertson-Walkerovom metrikom*. Ovu metriku smatramo prirođenom izotropnom i homogenom Svemiru i najbolje prilagođenu Friedmanovu modelu Svemira. Kozmološki princip je, naravno, zbog svoje jednostavnosti vrlo korisna aproksimacija stvarnome Svemiru: je li istinit i do koje galaktičke skale precizno vrijedi još je uvijek dvojbeno i nesigurno. Kopernikovo je ime povezano s njim zbog heliocentričke slike Svemira čiji je on tvorac. Premda je čovjek detroniziran spoznajom da živi na maloj Zemlji koja se kao treća planeta vrti oko Sunca, i da u Svemiru postoje druge zvijezde poput Sunca, i pored teleskopskog opažanja Mliječnog Puta, antropocentričko gledište na neki je način ipak preživjelo pomakom središta Svemira u Sunčev sustav. Moderna kozmologija, pak, potpuno briše pojam središta i govori o homogenom i izotropnom Svemiru što se vječno širi nakon velikog praska. U kontekstu filozofsko-koz-mološke klasične slike Svijeta i Petrićeva mjesta u njoj valja još spomenuti Kanta. On je, naime, 1755. ustvrdio da bi rasute maglice, opažene Galilejevim teleskopom, mogle biti udaljene galaktike prije nego oblaci užarenih plinova. Time je Kant podržao homogenu i izotropnu predodžbu Svemira na velikim, galaktičkim udalje-

¹⁴ Roos, Matts: *Introduction to Cosmology*, J. Wiley et Sons, Chichester, 1994.

nostima. Kant je, također, pokušao argumentirati između Newtona i Leibniza glede konačnosti ili beskonačnosti sustava zvijezda. On je držao ovo pitanje irelevantnim, da ne kažemo agnostičkim, jer ni jedan ni drugi sustav smješten u beskonačnome prostoru ne može biti stabilan i homogen. Takva Kantova gledišta, zapravo, podsjećaju na Petrićeva.

Kozmološki prijepor o konačnosti/beskonačnosti Svemira dobro je riješio tek B. Riemann¹⁵ u 19. stoljeću. On nije smatrao ovo pitanje irelevantnim poput Kanta, već je naglašavao da bi svijet mogao biti konačan, ali neograničen ili neograđen (*unbounded*, engl.) jer prostorna geometrija ima pozitivnu, iako malu zakrivljenost. U modernoj kozmologiji svemir se slikovito uspoređuje s balonom koji se s vremenom svekoliko radijalno širi. Takav svemirski raspoređujući sustav zovemo sugibajućim (*comoving frame*), a njegove koordinate (koordinate Friedman-Robertson-Walkerove metrike) sugibajućim koordinatama (*comoving coordinates*). To je potpuno sukladno našim astronomskim opažanjima udaljavanja dalekih galaktika i povećanju (širenju) kozmičkog faktora skale $R(t)$ vremenom t . Valja, ipak, dodati da nam je još uvijek nepoznata prava vrijednost parametra zakrivljenosti.

6. Zaključak

Petrić je u temeljnoj raspravi *De spacio physico (Pancosmia)* plodno riješio tradicionalna peripatetička pitanja: što je prostor i je li prostor supstancija ili akcidencija? Pojam prostora Petrićevim je naukom iskorijenjen iz Aristotelove doktrine kategorija, dokazom da je prostor (vremenski) preduvjet svemu što postoji. Ontološkom i epistemološkom prethodnjom svemu studij prostora nužno dolazi prije studija materije, kao preduvjet svim prirodnim znanostima. To je po uzoru na Platona: kao što je geometrija preduvjet filozofiji, teorija je prostora preduvjet prirodnim znanostima. Petrić je zaslužan za pojam beskonačnog homogenog i izotropnog prostora. Takav su pojam prostora od njega preuzeli Newton i Leibniz. Prostor je trojstveni (trodimenzionalni), svedržeći, sveprožimajući medij, a beskonačan je jer iz beskonačnog uzroka može proizaći samo beskonačni učin – protezanje i rasprostrtnost. U kontekstu Petrićeve sveopće filozofije, prostor – netvaran i netjelesan – jest metafizički put Bogu.

S kozmološkog gledišta Petrićeva teorija prostora u osnovi je teorija stacionarnog Svemira (prostora), iako Petrićev prostor ima dva dijela: onaj ispunjen svijetom i prazan izvan svijeta. Moderna kozmologija, prvenstveno, drži relevantnim pitanje ne o tome što je prostor, nego kakav je on, *ravan ili*

¹⁵ Bernhard Riemann (1826–1866).

zakrivljen, ima li dinamiku (mreškanje) prostorvremena. Ističemo da je i Einstein čvrsto vjerovao u statički Svemir sve do susreta s E. Hubbleom 1929. kad su ga razuvjerili Hubbleovi astronomski podaci sintetizirani u Hubbleov zakon. Što se tiče sila i dinamike u Svemiru, Petrić je zagovornik globalne ravnoteže. Sile nisu razlučene i nejednake (*>dissimiles non sint, neque inaequales*«, str. 65), tako da niti što djeluje, niti što trpi – vlada posvemašnja ravnoteža. Petrićev *postulat o globalnoj ravnoteži na svemirskoj skali* predstavlja na svojevrsan način i prvu najavu temeljnih koncepata ravnotežnih stanja bez kojih je nezamisliva moderna termodinamika. Naime, termodinamika formulira i postulira opće zakone na temeljnim pretpostavkama postojanja ravnotežnih stanja s dobro definiranim termodinamičkim varijablama, od kojih je, recimo, temperatura najpoznatija. Jednostavno se kaže da su zatvoreni sustavi u toplinskoj (termičkoj) ravnoteži karakterizirani temperaturom. Kod Petrića je sustav karakteriziran ravnotežom sila. Međutim, ideje dinamičke nestabilnosti sustava kakve koristi moderna znanost (fizika, na primjer) ili tehnika (kibernetika, robotika, kontrolna teorija) Petriću nisu bile poznate.

Petrićev postulat globalne ravnoteže u suprotnosti je s modernim kozmološkim modelima koji na temelju gustoće Svemira koja je ispod kritične ($\Omega_0 < 1$), a dobivene najfinijim astrofizičkim mjerenjima, predviđaju njegovo vječno širenje. Takvu sliku Svemira podupire i Hubbleov zakon. Na udaljenostima desetaka ili stotina megaparseka (Mpc) svemirski se prostor širi glede našeg položaja u njemu. Istina je da mi opažamo da galaktike odmiču od nas kao da smo mi bili u središtu Svemira. Međutim, istu sliku širenja stječe svaki opažatelj ako kozmološki princip vrijedi.

PETRIĆEVA SLIKA SVEMIRA I MODERNA KOZMOLOGIJA

Sažetak

Kozmološki prijepor o konačnosti ili beskonačnosti prostora, graničnosti (omeđenosti) ili bezgraničnosti Petrić je sveo na fizikalnu razinu, promišljajući *stvarni prostor svijeta*, onaj u kojem svijet jest i koji je u svijetu. Njegovi zaključci govore o tome da je prostor (*Spatium*) konačan i beskonačan: ograničen (konačan) vanjskom ploštinom (granicama) svijeta, a beskonačan na dalekim udaljenostima od svijeta, postajući praznim prostorom (*Vacuum*). Time je Petrić najzaslužniji za pojam *beskonačnog izotropnog prostora*, što ga je od njega baštinio Newton. Petrić je razmišljao o dinamici svijeta (svemira) filozofskom pričom i bez metričkih jednadžbi. *Petrićev obrat* kojim se nauk prostora (fizike) postavlja preduvjetom kozmologiji i prirodnim znanoštinama osigurava mu časno mjesto uz Kopernika kad se govori o filozofskim osno-

vama moderne kozmologije. Naime, u temeljima je moderne kozmologije njen *kozmo-
loški princip*, katkad nazivan Kopernikovim principom, koji se postulira za Svemir
opisan *Friedman-Robertson-Walkerovom metrikom*: *Svemir je homogen i izotropan u
trodimenzionalnome prostoru – uvijek je tako bilo i tako će uvijek ostati*. U *De spatio
physico* otkrivamo, međutim, *Petrićev postulat izotropnog (homogenog) prostora*: *Ako se
iz središta svijeta na sve strane protegnu crte, sve do zakrivljene površine svijeta, sve će biti
jednake, ali konačne* (*»Si enim a centro ipsius, quod est mundi centrum, quaquaversum
lineae protrahantur, usque ad mundi conuexam superficiem, aequales erunt omnes, sed
finitae.«*). S ovakvim konceptima konačnog/beskonačnog prostora Petrićeva je teorija
prostora ugrađena u zgradu filozofije prirode i moderne kozmologije.

PATRICIUS' PICTURE OF THE UNIVERSE AND MODERN COSMOLOGY

Abstract

An old outstanding cosmological pitfall about the finiteness or the infiniteness of space, its boundedness or unboundedness, Patricius reduced to a physical one by asking about *real space of the World*, which inherently has the World in itself and which coincides with the World. His conclusion is that space (*Spatium*) is both finite and infinite: bounded (closed) by the outermost surface of the World, but infinite at very long distances, becoming empty space (*Vacuum*). Therefore, the concept of an infinite isotropic space can be traced to Patricius, to be adopted later by Newton. However, Patricius' views on the World (Universe) were expressed in a philosophical sense, not by means of metric equations. The *re-ordering*, by which the science of space (physics) becomes a prerequisite for cosmology and all natural sciences, gives Patricius an honoured place close to Copernicus. Thus, in the foundations of modern cosmology is embedded *the cosmological principle*, sometimes called *the Copernican principle*, which is postulated for a Universe described by the Friedman-Robertson-Walker metric: *The Universe is homogeneous and isotropic in three-dimensional space, has always been so, and will always remain so*. In his theory of space *De spatio physico* Patricius drew a very similar picture: *»If the trajectories were drawn in all spatial directions from the centre of the world, all of them would be the same, but finite.«* (*»Si enim a centro ipsius, quod est mundi centrum, quaquaversum lineae protrahantur, usque ad mundi conuexam superficiem, aequales erunt omnes, sed finitae.«*) Nevertheless, Patricius' theory of space, with its insights into finite/infinite space, is one of the milestones in the history of natural philosophy and modern cosmology.