

broj 1, 2023.

KOZMOLOGIJA

*časopis za kozmologiju
i filozofiju prirode*

BROJ 1, 2023.
CIJENA: 3 EUR
ISSN: 2939-3868

Impressum

Izdavač:

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode
Trg svetog Florijana 16, 48260 Križevci, Hrvatska



Redakcija časopisa Kozmologija:

dr. rer. nat. Andrej Dundović

dr. rer. nat. Petar Pavlović

dr. sc. Marko Sossich

dr. sc. Ivan Radiček

Urednik:

dr. rer. nat. Petar Pavlović

Grafičko oblikovanje:

Zlatan Topalović

Kontakt: kontakt@icpn.hr

Mrežna stranica: www.icpn.hr

OIB: 32659097434

IBAN: HR0624020061101064477, Erste&Steiermärkische Bank d.d.

Registarski broj udruge: 06001543

Registar neprofitnih organizacija: 0466956

Matični broj poslovnog subjekta (DZS): 5444365

Izlazi jednom godišnje

Naklada: 500 primjeraka

Tisak: Tiskara Zelina d.d.

ISSN: 2939-3868

KOZMOLOGIJA

broj 1.

Sadržaj

Uvodnik	iii
Uvodna riječ redakcije: O pokretanju časopisa Kozmologija i osnivanju Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode	ix
I. Znanstvena istraživanja	1
1 Ciklički Svemir, Petar Pavlović i Marko Sossich	3
2 Kosa crnih rupa, Ivica Smolić	45
3 Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti, Marko Sossich .	57
4 O nekim problemima kozmologije i matematičke fizike, L.C. Garcia de Andrade	69
5 Uvod u probleme teorijskog računarstva, Ivan Radiček	83
II. Filozofski problemi	91
1 Manifest za uspostavu Kozmologije kao nove Filozofije Prirode, Redakcija	93
2 U slavu filozofije prirode: revolucija misli i života, Nicholas Maxwell	101
3 Kako princip falsifikacije uništava znanost, Petar Pavlović	115
4 Kritika temelja klasične i kvantne fizike - prvi dio, Petar Pavlović	129
5 Indijska filozofija: O odnosu tekstualnog i duhovnog znanja u tradiciji monističkog šivizma, Boris Marjanović	183
6 Klasici filozofije: Nauka logike, Georg Wilhelm Friedrich Hegel .	191
III. Znanost i društvo	211
1 Propadanje fundamentalne znanosti na logici tržišta: slučaj STEM-a, Andrej Dundović	213
2 O Institutu za kozmologiju i filozofiju Prirode	223

Uvodnik

Veoma nas veseli pozdraviti sve čitaoce prvog broja časopisa Kozmologija! Ovaj časopis, čije izlaženje predstavlja ostvarenje jedne dugogodišnje želje članova Redakcije, postavlja pred sebe dva glavna cilja po kojima je prvi i jedini takav časopis na našem jeziku. Prvi je cilj pokrenuti publikaciju namijenjenu istraživanju fundamentalnih pitanja Svemira ili Prirode, polazeći od kritičke analize i ocjene suvremenih znanstvenih spoznaja. Drugi je cilj ovog časopisa – nerazdvojno povezan s onim prvim - raditi na ostvarivanju sinteze empirijskih znanosti – prvenstveno teorijske fizike – i filozofije; u cilju ostvarivanja uvjeta za povratak spekulativnog i kritičnog mišljenja u empirijske znanosti te obogaćivanja filozofije suvremenim znanstvenim spoznajama.

Premda je put prema ostvarivanju ova dva cilja u svojim detaljima nepoznat, te se može utvrditi jedino u toku samog istraživanja, a nikako ne unaprijed, njega je istovremeno nemoguće započeti ukoliko se ne odredi osnovni okvir pristupa takvom istraživanju. Stoga Redakcija časopisa, u radu na ostvarivanju ova dva zacrtana cilja, polazi od radnih smjernica, utemeljenih na kritičkom iščitavanju dosadašnjih povijesnih iskustava razvoja znanja, koje su prikazane u tekstu *Manifest za uspostavu Kozmologije kao nove filozofije prirode*, kao i članku *O pokretanju časopisa Kozmologija i osnivanju Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode*, objavljenima u ovome broju. Pritom je časopis Kozmologija istovremeno usmjeren prema polemici i kritičkoj razmjeni mišljenja, te je u potpunosti otvoren prema objavljivanju tekstova koje zastupaju drugačije i suprotstavljene ideje, naravno pod pretpostavkom zadovoljavanja standarda znanstvene kvalitete koje postavlja i o kojima odlučuje Redakcija. U skladu s time, autorski tekstovi ne odražavaju nužno stav Redakcije, koji je izražen jedino kroz tekstove koje Redakcija potpisuje kolektivno. Također vrijedi i obrnuto – stavovi Redakcije ne odražavaju nužno stavove gostujućih autora.

S obzirom na svoj cilj spoznaje Prirode ili Kozmosa, koji podrazumijeva ukiđanje postojeće podjele disciplina na prirodoslovne i humanističke, kao i borbu protiv ograničenja postojeće akademske zajednice – koja taj cilj više onemogućava nego što bi mu doprinosila, publika kojoj je namijenjen ovaj časopis ne može se jednostavno definirati s obzirom na svoj akademski položaj i profesiju, već prije svega s obzirom na svoju ljubav prema saznavanju Prirode i interes prema temama filozofije prirode. U tom pogledu, našu ciljanu publiku čine kako istraži-

vači, znanstvenici i studenti iz područja prirodoslovlja i filozofije, tako i pripadnici šire zainteresirane javnosti čija je želja za razumijevanjem Kozmosa dovoljno jaka da motivira učenje i nužan intelektualni napor za približavanje tom cilju.

Temeljnu prepreku našim nastojanjima čine posljedice tehnicizma, redukcionizma i međusobnog razdvajanja disciplina koje dominiraju znanošću i obrazovanjem, zbog čega, primjerice, u današnje vrijeme filozofi ne poznaju niti osnove fizike, jednako kao što fizičari nisu upoznati niti s najtemeljnijim elementima filozofije, dok zainteresirani laici nemaju mogućnosti da se upoznaju niti s jednim, niti s drugim, već su prisiljeni da se zadovoljavaju sa šundom „popularne znanosti”. Ova prepreka se ne može ukloniti odjednom, već samo dugim i strpljivim radom te stvaranjem paralelnih struktura obrazovanja usmjerenim prema antičkom idealu akademije, u čemu će i ovaj časopis nastojati dati svoj doprinos.

Posebnu poteškoću predstavlja činjenica što je kritička analiza suvremenih znanstvenih spoznaja nemoguća bez poznavanja i korištenja specifičnog te kompleksnog matematičkog aparata, koji je poznat samo pripadnicima odgovarajuće struke. Zbog toga je jedan (manji) dio tekstova koji će se objavljivati u ovom časopisu neminovno teško pristupačan ili u potpunosti nepristupačan onima koji nisu upoznati s odgovarajućim matematičkim aparatom. Kako bismo olakšali čitanje i učinili ovaj časopis što ugodnijim različitim profilu čitaoca, donosimo opis tekstova objavljenih u ovom broju – pri čemu posebno ističemo koja poglavlja pojedinih tekstova ili koji tekstovi u cjelini nužno zahtijevaju predznanje tog tipa.

Prvi broj časopisa Kozmologija započinjemo s tekstom kojega potpisuje Redakcija, **O pokretanju časopisa Kozmologija i osnivanju Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode**, u kojemu detaljnije objašnjavamo razloge našeg djelovanja, kao i osnovne crte filozofije našeg rada: 1) potreba za postojanjem naučne publikacije posvećene istraživanju Svemira na našem jeziku, 2) nužnost stvaranja slobodnog prostora istraživanja bez pritiska tržišta, logike neposredne „koristi” i površnog vrednovanja znanstvenog rada izvanjskim kvantitativnim kriterijima, 3) rad na sintezi filozofskih i empirijsko-znanstvenih istraživanja, 4) otpor žalosnom stanju fundamentalnih istraživanja u Hrvatskoj.

Rubriku **Znanstvena istraživanja** otvaramo radom **Ciklički Svemir**, koji nastoji na fizikalnoj, konceptualnoj i filozofskoj razini prikazati istraživački program cikličke kozmologije kao alternativu ideji o Svemiru koji je nastao. Glavnina pažnje istraživača i šire javnosti u pogledu ovog pitanja bila je do sada usmjerena prema nizu specifičnih i hipotetskih modela cikličkog Svemira. Nasuprot tome, cilj je ovoga rada prikazati cikličku kozmologiju kao alternativnu paradigmu koja je u ovome trenutku u potpunosti aktualna iz perspektive fizikalne kozmologije.

Uz to, diskutirat će se kako ideja cikličkog Svemira seže u daleku prošlost čovječanstva, razvijajući se u brojnim pojavnim oblicima mitologije i filozofije, puno prije nastanka fizikalne kozmologije. Prvo poglavlje ovog rada diskutira aktualnost cikličkog Svemira u okviru suvremene fizikalne kozmologije, dok drugo poglavlje daje sažeti prikaz razvoja ideje o cikličkom Svemiru u okviru raznih mitoloških i filozofskih tradicija. Treće i četvrto poglavlje, koje zahtijevaju poznavanje temelja opće teorije relativnosti i njihovu primjenu na kozmologiju, diskutiraju općenito matematičko modeliranje cikličkog Svemira. Konačno, peto poglavlje donosi kraću diskusiju o entropiji i cikličkom Svemiru.

U članku **Kosa crnih rupa**, dan je aktualni pregled statusa istraživanja pitanja o mogućem broju fizikalnih atributa koji karakteriziraju crne rupe, kao konačno stanje gravitacijskog kolapsa masivnih zvijezda. To je pitanje zapravo ekvivalentno pitanju koliko postoji različitih tipova crnih rupa. Nakon pregleda teorema koji ograničavaju postojanje dodatnih fizikalnih svojstava crnih rupa („kose” crnih rupa), pruženi su i primjeri „crnih rupa s kosom” koji zaobilaze ove teoreme. Praćenje ovog teksta nakon Uvoda zahtijeva poznavanje formalizma opće teorije relativnosti i osnova teorije polja.

U članku **Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti** raspravlja se o mogućnosti shvaćanja gravitacije ne samo kao zakrivljenosti prostor-vremena, kao što je uobičajeno u standardnom pristupu općoj teoriji relativnosti, već i kao posljedice apstraktnijeg matematičkog koncepta torzije. Pri tome se pokazuje da se uvođenjem torzije može izgraditi teorija koja je ekvivalentna općoj teoriji relativnosti. Rad zatim razmatra kako se u ovom pristupa matematički opis gravitacije može približiti jeziku baždarnih teorija polja, te diskutira problem gravitacijske sile u okviru teleparalelnog ekvivalenta opće teorije relativnosti, završavajući usporedbom poopćenih $f(R)$ i $f(T)$ teorija gravitacije. Praćenje ovoga rada zahtijeva poznavanje opće teorije relativnosti i osnova kvantne teorije polja.

Sličnu problematiku nastavlja i rad **O nekim problemima kozmologije i matematičke fizike**, gdje se prikazuju neki nedavni autorovi doprinosi problemima stvaranja magnetskih polja u Svemiru te izučavanja gravitacijskih valova u okviru opisa gravitacije putem torzije. Čitanje ovoga rada također zahtijeva poznavanje opće teorije relativnosti.

Rubrika **Znanstvena istraživanja** završava s radom **Uvod u probleme teorijskog računarstva**, gdje se na pristupačan i kritički način pristupa pojmovima algoritma, izračunljivosti i formalne analize računalnih programa – čime se započinje važna diskusija o njihovom značenju, povijesnom razvoju i ograničenjima, prijeko potrebna za daljnji sistematični rad na izučavanju odnosa računalnih pro-

grama i opisa stvarnosti, kao i ozbiljnog bavljenja pitanjem odnosa algoritama prema ljudskoj svijesti.

Rubriku **Filozofski problemi** započinje temeljni dokument ovoga časopisa, kao i Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode, **Manifest za uspostavu kozmologije kao nove filozofije prirode**. U njemu se, u formi manifesta, diskutiraju ključni problemi znanstveno-filozofskog istraživanja: konačni cilj istraživanja; nužnost suvremene filozofije prirode kao sinteze znanosti i filozofije, njezina univerzalnost i ekvivalentnost s kozmologijom; odnos mitološkog, empirijsko-znanstvenog i filozofskog mišljenja; razvoj znanja kao historijski proces koji se nužno mora sagledavati u okviru čovjekove praktične djelatnosti, kritika pozitivizma i reduccionizma u znanosti, oživljavanje tradicije renesansne misli kao sinteze humanizma i naturalizma.

U radu **U slavu filozofije prirode**, temeljenom na prijevodu u skladu s dopuštenjem autora, argumentira se nužnost prevladavanja podjele na filozofiju i prirodne znanosti te stvaranja nove filozofije prirode. Pri tome se daje i kraći povijesni pregled razvoja podjele između prirodnih znanosti i filozofije nakon razdoblja Newtona, uz objašnjavanje intelektualne klime i konceptualnih problema koji su igrali važnu ulogu u takvom razvoju stvari.

Polemički članak **Kako princip falsifikacije uništava znanost** usmjeren je prema radikalnoj kritici popularnih Popperovih shvaćanja o statusu znanstvenih teorija. Nakon diskusije o nizu destruktivnih posljedica koje nekritička primjena Popperovih ideja ima po stanje suvremene znanosti, pokazuje se da je rasprostranjenost Popperovih ideja u osnovi rezultat potrebe zaštite konzervativnih tendencija u znanosti i društvu te da u skladu s time ima izraženu ideološku funkciju. Nakon toga, rad se usmjerava na filozofsku kritiku i neminovne probleme u koje zapada Popperov princip falsifikacije, koji u skladu s time nije u stanju da izvrši svoju proklamiranu zadaću demarkacije znanstvenih teorija.

Slijedi prvi dio rada **Kritika temelja klasične i kvantne fizike**, posvećen filozofskoj kritici temelja klasične fizike ispitivanjem ograničenja osnovnih pojmova i pretpostavki na kojima počiva, što je nužna pretpostavka za shvaćanje značenja kvantne fizike i daljnju razradu njezine kritike. Pokazat će se kako su svi temeljni pojmovi klasične fizike unutarnje proturječni, te kako su nastojanja prema ublažavanju i razumskom prikrivanju tih proturječnosti, isprepletena s njihovim neminovnim produbljanjem u toku razvoja znanja, dovela do složenog razvoja klasične fizike te konačno njezinog nadomještanja kvantnom fizikom i općom teorijom relativnosti. Pritom će se diskutirati kako kritička analiza temeljnih pojmova fizike može dovesti do dubljeg razumijevanja njihovog značenja u opisu svijeta,

te kako se ovoj problematici na zadovoljavajući način može pristupiti samo u dijalektičkoj perspektivi.

Indijska je filozofija u ovom broju predstavljena radom **O odnosu tekstualnog i duhovnog znanja u tradiciji monističkog šivizma**. Kroz perspektivu problema navedenog u samome naslovu, koji je specifičan za indijsku filozofiju (budući da glavina europske filozofije u pravilu problem spoznaje ne sagledava uzimajući u obzir praktičnu duhovno-kontemplativnu djelatnosti, koja je od prvorazrednog značenja u indijskoj misli), daje se uvod u jedinstvenu školu monističkog šivizma koja je poznata i kao kašmirski šivizam. U kontekstu kozmologije ili filozofije prirode ova je škola od posebnog interesa između ostaloga i zbog toga što, nezavisno i mnogo ranije od razvoja njemačkog klasičnog idealizma, razrađuje ideju o najvišoj zbilji kao jedinstvenom apsolutu neraskidivo vezanom uz svoju samorefleksiju, kroz čiju se djelatnost sukcesivno razvijaju svi slojevi zbilje.

Rubriku **Filozofski problemi** završavamo s transkripcijom početka Hegelove **Nauke logike**, koja problematizira temeljni problem odnosa bića i nebića, dajući kroz njega primjer za mišljenje jedinstva proturječja, predstavljajući time idealno mjesto za uvod u Hegelovu dijalektiku. Dijalektičko mišljenje, kojemu je Hegel dao izvanredne doprinose, pri pažljivom se kritičkom promišljanju iznova – kako pokazuju i radovi objavljeni u ovom broju – pokazuje kao neizostavno u ozbiljnom istraživanju razvoja znanja o Prirodi, kao i analizi temeljnih pojmova znanosti.

Ovaj broj završavamo rubrikom **Znanost i društvo**, u kojemu objavljujemo članak **Propadanje fundamentalne znanosti na logici tržišta: slučaj STEM-a**. Nakon prikaza razvoja koncepta STEM-a prati se njegovo širenje i pretvaranje u dominantnu obrazovnu i znanstvenu paradigmu. Konačno se prikazuje kako takvo stanje vodi u potpunu redukciju na tehnicizam u službi tržišta, željnog samo jeftine specijalizirane radne snage. Zbog toga u konačnici niti sama znanost ne može realizirati svoje postavljene ciljeve, budući da pojedinci obrazovani u takvom tipu sustava više ni nisu u stanju da rješavaju kompleksnije i kontekstualne probleme.

Želimo da svi oni koji su zainteresirani za istraživanje tajni Prirode pronađu u ovom broju što više toga što će ih potaknuti na promišljanje i daljnje istraživanje!

Uredništvo poziva sve zainteresirane autore, čiji se radovi uklapaju u tematsku i uređivačku koncepciju časopisa usmjerenu prema pitanjima filozofije prirode, na slanje rukopisa za drugi broj časopisa, u skladu s uputama za autore. Dobrodošle su i sve kritike te diskusije i polemički osvrti na tekstove objavljene u prvom broju Kozmologije, kao i svi oblici pisma čitaoca.

Urednik

Upute za autore

Tekstovi se mogu poslati Redakciji časopisa u elektroničkom obliku na e-mail adresu **kontakt@icpn.hr**. U slučaju nemogućnosti elektroničkog slanja, fizičku poštu slati na poštansku adresu Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode. O objavljivanju pristiglih tekstova odlučuje Redakcija časopisa koja provodi i recenziju tekstova. Prije slanja teksta moguće je kontaktirati Redakciju radi konzultacija i dogovora u pogledu teksta.

Svaki tekst nužno mora sadržavati:

- i) Naslov.
- ii) Puna imena i prezimena svih autora, njihovo zvanje i (ukoliko je moguće) adrese pripadnih znanstvenih institucija.
- iii) Tekst članka. Ukoliko članak sadržava matematičke jednadžbe one (ili čitav članak) moraju biti pripremljene u tex formatu. Uz tekst, članak može sadržavati i odgovarajuće grafičke materijale, slike i tablice koje se moraju predati nezavisno od samoga teksta u elektroničkom obliku, a u tekstu je potrebno naznačiti uz koji su dio vezani grafički materijali, slike i tablice.
- iv) Popis literature koji se navodi na kraju članka, čiji elementi moraju biti direktno citirani u samome tekstu.

Pisma čitaoca i polemični osvrti na stavove objavljene u ranijim brojevima nisu ograničena prikazanom formom znanstvenih članaka.

Uvodna riječ redakcije: O pokretanju časopisa Kozmologija i osnivanju Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode

Na samome početku potrebno je odgovoriti na pitanje koje se prirodno postavlja: zbog čega je u ovome trenutku pokrenuto izdavanje časopisa posvećenom naoko veoma specifičnoj temi istraživanja Svemira? Budući da je časopis Kozmologija ujedno i službeno glasilo netom osnovanog Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode, to se pitanje logički produžuje u još jedno: čemu uopće potreba osnivanja spomenutog Instituta? Stav je njegovih osnivača da se odgovor na oba pitanja ne svodi na neki puki hir, već proizlazi iz nametnute nužnosti koja se sastoji u nizu povezanih objektivnih razloga, od kojih se neki pojavljuju na nacionalnom, a drugi na međunarodnom nivou.

1 Nepostojanje naučnih publikacija posvećenih istraživanju Svemira na našem jeziku

Neki ne suviše misaon kritičar bi na spomenuti razlog mogao odgovoriti da je fizika Svemira veoma usko područje istraživanja, s veoma skromnom znanstvenom zajednicom u našoj zemlji, a da uz to postoji veoma brojna međunarodna literatura na engleskom jeziku, koja je i više nego dovoljna za sve znanstvene potrebe – čime se bilo kakav vid domaćih publikacija može otpisati kao izlišan. Taj isti kritičar mogao bi možda umjesto zaključka još i dodati – „pa mi ionako svi razumijemo engleski”. Ovakav odgovor počiva na čitavom nizu problematičnih pretpostavki i neuviđanju nekih veoma elementarnih aspekata ovog problema. On prije svega implicitno kreće od veoma uske definicije Svemira i njegovog istraživanja – pri čemu se podrazumijeva da se radi naprosto o istraživanju fenomena van Zemlje, a na temelju isključivo matematičkih i eksperimentalnih tehnika. To se nastavlja u shvaćanju kozmologije kao naprosto fizikalne kozmologije, odnosno korište-

nja metoda suvremene fizike u opisivanju i opažanju evolucije Svemira. Premda ovakvo shvaćanje ima određeni tehnički značaj u okviru opisa stvarnosti putem fizike kao znanosti, ono nikako nije dovoljno da se Svemir ili Priroda počne misliti u svome jedinstvu te bitnosti. Namjera časopisa Kozmologija nije da se ograniči na ovakvu usko-tehničku domenu problema, već da kozmologiju shvati upravo kao nauku o Svemiru u cjelini, kao ispitivanje svega što jest u njegovoj suštini, odnosno da se usmjeri na istraživanje temeljnih aspekata materijalnog postojanja uopće – što zahtijeva prevladavanje podjela i granica između pojedinih disciplina. U problematici istraživanja shvaćenoj na taj način, fizika Svemira predstavlja samo jedan, koliko god značajan, dio veće cjeline koju obuhvaća kozmologija u svom širem značenju. Ukoliko se tako postavljenom istraživanju Prirode suprotstavljaju granice koje omeđuju razne discipline – kao što su prije svega trenutne granice između fizike i filozofije, kao i akademske navike te intelektualna inercija i nedovoljna širina znanja nosioca pojedinih struka, onda one naprosto trebaju biti nadiđene. Težnja prema njihovom nadilaženju jedna je od temeljnih svrha pokretanja kako ovoga časopisa tako i Instituta. Pri tome nikako ne mislimo da se kao pojedinci nalazimo iznad takvih ograničenja, već naprosto - ne mireći se s takvim stanjem stvari - želimo raditi na njihovom ukidanju. Gledano iz ovoga ugla, kozmologija – kako je shvaćaju pokretači ovog časopisa – nipošto nije nekakvo usko područje istraživanja ili samo jedno od mogućih područja, već upravo istraživanje koje je najobuhvatnije, usmjereno prema cilju koji je po svojoj definiciji apsolutan i koji stoga sva druga istraživanja obuhvaća kao svoje momente. Time samo takav cilj spoznaje kozmosa može predstavljati najvišu svrhu stjecanja svekolikog znanja i svih drugih oblika ljudske djelatnosti.

U skladu s rečenim, časopis Kozmologija nastoji popuniti ogromnu prazninu koja u tome pogledu očigledno postoji ne samo u zemlji, već i u inozemstvu. Stoga je jedan od dugoročnih ciljeva i njegovo proširenje na englesko govorno područje u cilju zastupanja istog pristupa na međunarodnom planu. Ovaj časopis nema namjeru postati mjesto objavljivanja tehničkih znanstvenih radova, budući da su priznate međunarodne stručne publikacije, kao i arXiv, baza preprinta, dovoljne za navedenu svrhu. Nasuprot tome, časopis Kozmologija svoj sadržaj pretežno vidi u: i) kritičkim, preglednim i općim prikazima aktualnih tema prirodno-znanstvenih istraživanja (okupljenima u rubrici Znanstvena istraživanja) – kojima je cilj potaknuti diskusiju, ocjenu i sustavno promišljanje dosega i problema istraživanja pojedinih fundamentalnih tema, s istovremenim ciljem davanja njihovog relevantnog pregleda za istraživače drugih područja kao i one koji se u istraživanje te upoznavanje s navedenim temama tek planiraju upustiti; ii) s druge strane, u

promicanju filozofskog istraživanja Prirode te kritičkog dijaloga između filozofije i prirodnih znanosti (u okviru rubrike Filozofski problemi), kao i iii) promišljanju veze prirodnih i društvenih znanosti te općenitih problema društva, kao i edukaciji šire javnosti (u okviru rubrike Znanost i društvo). Ovakav pristup i logika organizacije časopisa zapravo nužno proizlaze iz shvaćanja Svemira ili Prirode kao jedinstva svega što jest, a time i kozmologije kao opće nauke o tome jedinstvu. U skladu s time, bitno je razumjeti kako je svako istraživanje Svemira moguće samo u okviru čovjekove svijesti, na podlozi određenog broja filozofskih pretpostavki koje se nužno moraju zauzeti prilikom svakog pristupa zbilji, a u kontekstu čovjekove historije i društvenih odnosa.

Kada bi se i zanemarili svi ranije navedeni razlozi, nikako se ne može pobjeći od temeljne činjenice da jezik određuje mišljenje i da se misli uvijek unutar okvira jezika. Ozbiljno promišljanje neke problematike, pogotovo ukoliko se radi o fundamentalnim pitanjima kozmologije, kao i razvijanje novih pojmova, objašnjavanje značenja dosega rezultata prirodnih znanosti i njihovog smisla moguće je samo unutar živog medija vlastitog jezika (odnosno onog jezika u kojemu se zaista refleksivno misli). Korištenje isključivo engleskog jezika i upućivanje na literaturu pisanu tim jezikom, a koje postaje trend pogotovo u prirodnim znanostima, može dovesti – kao što se neprestano iznova pokazuje – u pravilu samo do loše imitacije, do toga da se o samim pojmovima i smislu znanosti ne misli, nego se trenutno dominantni obrasci mehanički i dogmatski slijede. Ironično je da su nosioci ovakvih tendencija često isti oni pojedinci i akademske strukture koje se desetljećima prigodničarski busaju u prsa i nameću svojim plemenskim patosom, uglavnom u službi niskih političkih motiva. Nerijetko isti oni koji svojim djelovanjem i stavovima neprestano onemogućuju razvoj promišljanja znanosti na našem jeziku, time onemogućavajući prirodni i organski razvoj jezika kao sredstva za refleksivno mišljenje, na umjetan i nasilno-preskriptivistički način nameću svoje laboratorijski proizvedene termine kao službeno znanstveno nazivlje. Time u svojoj ograničenosti ne shvaćaju živu prirodu jezika i njegovu neraskidivu vezu s kreativnim mišljenjem, već ga promatraju kao zbroj nekakvih formalnih pravila koja se mogu nametati. Pri tome je, kako bi se izbjegli eventualni nesporazumi, potrebno istaknuti kako se prilikom govora o „našem jeziku” s naše strane nikako ne implicira nekakva (uostalom nužno umjetna i u osnovi politički kreirana) nacionalna isključivost i zatvaranje po jezičnom ključu, već upravo povijesna i kulturološka povezanost naše regije, njezinih jezika i narječja.

Časopis za istraživanje Svemira na našem jeziku potreban nam je kako iz razloga što većina nas jedino na tom jeziku može zaista refleksivno misliti i stvarati,

tako i iz razloga što oni jezici koji nisu u stanju da zaista služe razvoju znanja, stvaranju novih škola mišljenja i spoznavanju stvarnosti odumiru i postaju osuđeni na propast.

2 Nemogućnost slobodnog znanstvenog stvaralaštva i istraživanja fundamentalnih pitanja u okviru tržišnih pritisaka i vrednovanja istraživanja formalnim kvantitativnim parametrima

Posljednjih je nekoliko desetljeća u europskim i svjetskim razmjerima obilježeno snažnim pritiscima na slobodu i autonomiju znanstvenog istraživanja, sve istaknutijim reformiranjem fakulteta i instituta po principima kratkoročne tržišne korisnosti i pretvaranjem znanstvenika u visoko-obrazovanu prekaru radnu snagu. U skladu s time što su navedene strukturne promjene u znanosti usmjerene prema konačnom tržišnom cilju korištenja akademske sfere isključivo za stvaranje profita, na najsnažnijem udaru ovakvih pojava nalaze se fundamentalna istraživanja, koja se bave pitanjima od slabe koristi za ovako ograničeno gledanje na svrhu znanosti. Uništavanje fundamentalnih istraživanja provodi se prvenstveno kroz nametanje čisto formalnih parametara kao uvjeta znanstvenom financiranju i dobivanju pozicija. Kako bi se destimuliralo bavljenje fundamentalnim temama i radikalno smanjio njihov opseg, broj citata i objavljenih radova postali su praktički jedinom mjerom „uspjeha” u znanosti. Štoviše, značaj ovakvih parametara s vremenom sve više raste. Očigledni ciljevi ovakvog sistema vrednovanja znanosti pokušavaju se površno pokriti ideološkom šminkom u vidu parola o „sustavu znanstvene izvrsnosti”. Zapravo i nije potrebno na ovome mjestu ulaziti u diskusiju o tome kako je u potpunosti nemoguće znanje – koje je po svojoj suštini upravo ono opće, koje postoji kao neraskidivo jedinstvo svojih raznovrsnih momenata, a povrhu toga i u nezadrživom kretanju i dijalogu sa samim sobom, svoditi na ispraznu i ogoljelu apstrakciju kvantiteta. Učinci ideologije tzv. „znanstvene izvrsnosti” koje ćemo navesti, dovoljno govore sami za sebe – i svatko tko se bavi znanosti, pod pretpostavkom da nije zarobljenik svoje vlastite taštine i karijerizma ili žrtva štokholmskog sindroma, mora ih priznati kao očite. U znanstvenoj svakodnevnici kojoj svjedočimo proklamirana „znanstvena izvrsnost” se tako zapravo pretvorila u dominaciju prosječnosti i diktaturu ispraznosti nad znanosti.

Kako su se broj radova i njihova citiranost postavili kao isključiva mjera znanstvenog uspjeha i osobnog napretka u znanosti, neminovno je moralo doći do toga da se dobar dio znanstvenika u potpunosti posvetio ispunjavanju ovih čisto for-

malnih kriterija, snažno zapostavljajući sam sadržaj – koji u ovako postavljenom sustavu vrijednosti uostalom i nije ono do čega je najviše stalo (te uostalom ni ne može biti jednostavno „mjeren“). Kada ciljem postaje proizvesti što više radova u što kraćem vremenu, naglasak svakako ne može biti na traženju novih uvida, predlaganju novih teorija koje izlaze iz ustaljenih obrazaca i pažljivom promišljanju svih strana problema – što sve uzima i isuviše mnogo vremena. Najlakši način da se ostvare kvantitativni kriteriji navodne „znanstvene izvrsnosti” sastoji se u odabiru tema i tehnika koje su trenutno najzastupljenije – jer to omogućuje što veći broj citata, koncentriranje na minijaturne, čisto formalne i tehničke korekcije unutar dobro poznatih problema – što omogućuje veliku brzinu pisanja i objavljivanja, a još više ukoliko se kombinira s recikliranjem starih radova uz minimalne modifikacije. Veliki naglasak u takvoj logici stvari prirodno se stavlja i na odnose koji se nalaze sasvim izvan područja znanstvenog istraživanja – lobiranje i stvaranje *de facto* interesnih udruženja čiji članovi po dogovoru neprekidno citiraju jedni druge, kako bi si međusobno podizali rejting. Postalo je potpuno očito da je takav sustav kriterija i selekcije zapravo ekvivalent principima koji osiguravaju dominaciju šunda i najniže razine ukusa u masovnoj glazbenoj industriji. Njihov posebno poguban utjecaj po razvoj znanosti sastoji se u suzbijanju nezavisnosti istraživanja i kritičkog mišljenja, te razvoja novih i alternativnih pristupa temeljnim problemima, stvarajući neprekidan pritisak na usmjeravanje prema onome što je trenutno popularno i predstavlja većinsko mišljenje (veoma često bez ikakvih ozbiljnih razloga), kažnjavajući svako zastranjivanje u odnosu na prosjek te istovremeno destimulirajući bavljenje problemima koji zahtijevaju mnogo vremena i ne daju kratkoročne rezultate – što je u pravilu upravo istraživanje fundamentalnih pitanja. U takvim je uvjetima u potpunosti nemoguće zamisliti razvoj doprinosa kakvi su bili primjerice oni Einsteina ili Newtona – koji su zahtijevali godine tihog rada i istraživanja, ulaženje u niz konceptualnih i filozofskih pitanja te pažljivu razradu novih tehnika. Trenutna kriza istraživanja Prirode, koja je možda nabolje vidljiva u činjenici izostanka stvaranja novih fundamentalnih teorija u proteklih pedesetak godina (nakon eksplozivnog razvoja kvantne fizike i opće teorije relativnosti u prvoj polovici 20.-og stoljeća) zasigurno jednim dijelom proizlazi iz prikazane degeneracije znanosti.

Uskogrudni razlozi stvaranja profita, u svojoj osnovi suprotstavljeni principima spoznaje Prirode, koji se nalaze u podlozi prikazanih procesa uništavanja znanosti, zatim se – na svoju dodatnu korist – isprepliću s posljedicama koje stvaraju. Kako se ugovori znanstvenicima nakon doktorata potpisuju uglavnom na jednu ili dvije godine, a dobivanje stalnih pozicija sve više produžuje, tako ih se

može sve bolje trenirati da, u strahu za vlastitu egzistenciju, izvršavaju očekivanja sustava, sudjeluju u hiperprodukciji radova niske kvalitete i sve manje sustavno i kritički misle – što se lijepo isprepliće s financijskim uštedama koje se na taj način postižu. Isti sustav osigurava veoma ugodnu poziciju i potpuno monopolistički položaj nekolicini prestižnih znanstvenih časopisa – koji čitanje svakog znanstvenog rada (ili u alternativnoj varijanti „otvorenog pristupa”, njegovo objavljivanje) skupo naplaćuju, pritom poslušajući bez gotovo ikakvih troškova – budući da se autorima radova ne isplaćuju naknade, da recenzenti radova također volontiraju, a da takvi časopisi izlaze u pravilu samo u online obliku. Međutim, frontu vjerojatno naj snažnijeg prodora interesa krupnog kapitala u znanost predstavlja eksperimentalna znanost. Navedeno je pogotovo izraženo u domeni ispitivanja subatomske strukture materije te fizike Svemira – budući da mjerni uređaji istovremeno predstavljaju krupne ekonomske investicije, a time i atraktivne ciljeve plasiranja kapitala potpomognutog javnim ulaganjima. Takve investicije se onda moraju pod svaku cijenu opravdati, čak i u izostanku značajnih rezultata i znanstvene nužnosti projekta ili u potpunoj suprotnosti s interesima lokalnih zajednica. Time je oštro dovedena u pitanje autonomija eksperimentalne sfere istraživanja, budući da ona postaje usko ovisna o interesima industrije. Kada privlačenje ulaganja postaje svrha samoj sebi, onda nema mjesta za pretjeranu znanstvenu kritičnost u pogledu metoda, instrumenata i rezultata istraživanja. Istovremeno, hijerarhija u samom znanstvenom istraživanju se prirodno postavlja onako kako je raspoređen dotok financijskih sredstava – dovodeći do klanjanja znanosti pred oltarom krupnih financijskih ulaganja. Zbog toga teorijska znanost postaje otvoreno podređena eksperimentalnoj te svoja istraživanja mora grčevito pravdati mogućnošću detektiranja novih rezultata u velikim eksperimentima koji će biti pokrenuti unutar narednih nekoliko godina. Optimizirani na preživljavanje u nametnutom natjecanju za pozicije i napredovanje u karijeri, velik broj teorijskih znanstvenika se takvim kriterijima prilagođava umjetno konstruirajući modele na taj način da daju predviđanja koja se mogu detektirati u nadolazećim eksperimentima. Na tisuće takvih radova, koji vjerojatno predstavljaju i glavni oblik aktivnosti znanstvene zajednice, naravno u potpunosti propada već u nekoliko godina, bez ostavljanja ikakvog traga u razvoju ljudskog znanja. S druge strane, takav oblik dominacije eksperimentalne znanosti zapravo je veoma skupo plaćen u odnosu na njezinu vlastitu autonomiju, pri čemu ona postepeno gubi mogućnost svog nezavisnog i kritičkog odnosa prema teorijskoj znanosti. Da bi se prizvala ulaganja i osigurala potpora javnosti, eksperimentalna znanost naime mora koristiti popularizaciju znanosti te osigurati snažan interes i fascinaciju za

svoje teme istraživanja, uključujući i širu ne-znanstvenu zajednicu. To se nažalost veoma često odvija mistifikacijom znanosti i neiskrenim reklamiranjem pojedinih, u pravilu hipotetskih, teorijskih konstrukcija, koje onda služe kao motivacija i slika za ono što se u eksperimentu „traži”. Time se, daleko od nužne nezavisnosti i kritičnosti eksperimentalne znanosti prema teorijskoj, već unaprijed u eksperimentalnim istraživanjima pretpostavljaju gotove teorijske konstrukcije, koje onda vladaju kao svojevrсна intelektualna moda koja se ne propitkuje i čija se potvrda naprosto „traži”.

Suočena s ovakvim ukupnim stanjem stvari, skupina znanstvenika/istraživača Prirode je pokrenula Institut za kozmologiju i filozofiju prirode kao prostor za slobodno i kritičko fundamentalno istraživanje Prirode – u domeni kako empirijski-znanstvenog tako i spekulativno-filozofskog ispitivanja, oslobođeno tržišnih pritisaka i nametanja dokazano promašenih obrazaca ograničavanja slobode istraživanja. Institut ne predstavlja nekakvu sektu koja tvrdi da ima odgovore na sve probleme u svom rukavu i koja zna recept po kojemu treba „raditi znanost” ili koja bi nametala jedan gotovi obrazac ispitivanja. Razlog pokretanja ove inicijative ne proizlazi niti iz nekakve umišljenosti ili mesijanskog kompleksa svojih osnivača, već naprosto iz shvaćanja potrebe djelovanja na prikazanim osnovama i činjenice nepostojanja ničega sličnog u ovome trenutku. Institut za kozmologiju i filozofiju prirode predstavlja zajednicu istraživača koja, polazeći od kritike postojećeg stanja stvari – odgovornog za očiglednu stagnaciju znanosti u proteklih nekoliko desetljeća – želi, u suradnji sa svima zainteresiranim, otvoreno raditi na doprinosu promišljanju novih puteva ta ostvarivanju plodonosnog dijaloga s tradicijama prošlosti, shvaćajući upravo slobodu kao neizostavan medij istinski refleksivnog mišljenja, bez kojega niti empirijsko-znanstveni, a niti spekulativni razvoj znanja nije moguć.

3 Gotovo potpuna razdvojenost filozofskih i empirijsko-znanstvenih istraživanja koja onemogućuje razvoj znanja

Povijesno gledano, suvremena empirijski orijentirana znanosti razvila se iz filozofije, točnije iz filozofije prirode usko vezane uz metafiziku. Štoviše, svaka empirijska znanost, a posebno teorijska fizika kao najfundamentalnija empirijska disciplina, za svoj rad pretpostavlja čitav niz pojmova i pretpostavki koje se ne mogu razumjeti niti izvesti unutar same znanosti, već se baziraju na snažnim filozofskim pretpostavkama – kao što su materija, masa, svijest, um, život, konačno i

beskonačno, opažać, eksperiment, prostor i vrijeme, sila, energija itd. Nadalje, kako je jezik empirijske znanosti matematički, tako se o značenju znanstvenih rezultata i njihovim ograničenjima, kao i njihovoj vezi prema stvarnosti (i pitanju o tome što stvarnost zapravo jest), ne može govoriti direktno (jer same jednadžbe i njihova rješenja ne interpretiraju same sebe). Interpretacija znanstvenih rezultata, kao i razumijevanje samih pojmova znanosti i njihovih ograničenja – te rad na njihovom razvijanju – moguć je samo u okviru nekog filozofskog mišljenja, odnosno određenog filozofskog sustava. Međutim, u ovome je trenutku empirijska znanost u potpunosti razdvojena od filozofije – a to znači i od mogućnosti razumijevanja svojih vlastitih temelja. U naše je vrijeme posebno popularno među redukcionistički orijentiranim znanstvenicima omalovažavati filozofiju, a pogotovo svaku metafiziku, te isticati kako je metoda empirijskih znanosti dovoljna sama sebi i predstavlja jedini mogući vid spoznaje Prirode. Međutim, tamo gdje se vjeruje kako se odbacuje nužnost filozofije, zapravo se samo dogmatski robuje jednoj veoma nerazvijenoj i nerefleksivnoj metafizici - u pravilu onoj koja pojmove znanosti promatra gotovo naivno-realistički, a spoznaju Prirode kao linearni i nehistorijski proces „otkrivanja istine u formi vječnih matematičkih ideja”, koja se nadalje nominalno uglavnom izdaje za oblik mehanicističkog-materijalizma, no u čijoj se osnovi nalazi zapravo jedan nekonzistentni dualizam: jer uz elementarne čestice i polja (koje bez dokaza uzima kao objektivno postojeće entitete po sebi) pretpostavlja i postojanje nematerijalnog matematičkog prirodnog zakona, koji poljima i česticama „nekako” vlada odnegdje „izvana”, bez ikakvog razumijevanja veze između ta dva principa. Takve, snažno metafizički obojene pretpostavke, uglavnom se nekritički prihvaćaju za potrebe konceptualnog razumijevanja znanosti te naveliko koriste u popularizaciji znanosti, gdje je potrebno čisto matematičke rezultate pretočiti u široj javnosti razumljiv jezik. Takva popularizacija se nažalost stoga često svodi na podvaljivanje jedne subjektivno intonirane interpretacije kao objektivnog značenja znanstvenih otkrića. Dok se nastojanja za razvijanjem ozbiljnijih alternativa u problemu interpretacije spoznajnog statusa znanosti i značenju njezinih pojmova nerijetko otpisuje kao „neznanstvene” te kvalificira gotovo kao proizvoljna naklapanja, isti preziratelji filozofije u jednom dahu - zabranjujući bavljenje bilo kakvom metafizikom - samouvjereno tjeraju svoju vlastitu nerazvijenu i dogmatsku metafiziku.

U pogledu današnje filozofije znanosti, jedan je od njezinih glavnih problema taj što se većina uključena u bavljenje njezinom problematikom ne bavi kritičkim promišljanjem ograničenja znanstvene metode i rezultata, već unaprijed pretpostavlja njihovo važenje po sebi, svodeći se nerijetko na ulogu interpretatora i apo-

logeta u okvirima trenutno prihvaćene paradigme pojmova i pretpostavki. Zbog toga, nećemo mnogo pretjerati ako trenutno vladajući odnos filozofije znanosti prema znanosti usporedimo s odnosom filozofije prema učenju Katoličke crkve u razdoblju srednjovjekovnog skolasticizma.

Odvajanjem i zatvaranjem empirijske znanosti u odnosu na spekulativnu filozofiju, potonja je izgubila svoj odnos prema aktualnim rezultatima istraživanja Prirode, a time i mogućnost svog obogaćivanja i provjeravanja svoje konzistentnosti u odnosu spram empirijskog materijala. Time je postalo u potpunosti nemoguće raditi na ostvarivanju važnog Hegelovog programskog poziva iz Predgovora Fenomenologiji duha, u skladu s kojime je došlo vrijeme da filozofija prestane biti samo ljubav prema znanju te postane stvarno znanje, moguće jedino ako je mišljenje organizirano u naučni sistem. Potpuno odvajanje empirijske znanosti od filozofije stoga je označilo i propadanje filozofije kao naučnog sistema, te napuštanje sistematičnog promišljanja Prirode u njezinom okviru. Nije neobično da se stoga glavnina akademskih filozofa u naše vrijeme usmjerila isključivo prema povijesti filozofije te iščitavanju tekstova ranijih mislilaca, nerijetko nadomještajući filozofiju hermeneutikom i filologijom, napuštajući tako veleban cilj izgradnje općeg sistema znanja i mišljenja o Apsolutu, koji je – što god netko o njemu mislio – svakako označio upravo periode u kojima je filozofska misao dosegla najviše vrhunce, posebno u okviru razdoblja njemačkog klasičnog idealizma. Ostvarivanje sličnog cilja u naše vrijeme je zasigurno veoma otežano opsegom i kompleksnošću metoda i rezultata suvremene empirijske znanosti koje se moraju usvojiti da bi mu se pristupilo. Međutim, težina nekog zadatka ne može služiti kao izgovor da se on izbjegava, pogotovo ako o njemu zapravo kritično ovisi daljnji razvoj kako filozofije tako i empirijskih znanosti.

Daljnji problem sastoji se nažalost u još uvijek prevladavajućim, zastarjelim europo-centričnim predrasudama i inzistiranju isključivo na izučavanju europske filozofije. Činjenica je, međutim, da su brojni sistemi ne-europskih filozofija, posebno oni Indije i Kine, dali važne doprinose diskusiji o temeljnim filozofskim problemima, što posebno vrijedi i za problematiku filozofije prirode, te se stoga nikako ne mogu zanemariti. Štoviše, nerijetko navedeni doprinosi – kao što je primjerice detaljno razvijanje koncepcije o harmoniji suprotnosti u Prirodi u okviru taoističke filozofije ili shvaćanje svijeta kao samo-refleksivnog razvoja Apsoluta, što u indijskoj filozofiji doseže vrhunac u mišljenju Abhinavagupte – upravo u ničemu ne zaostaju, a u nekim aspektima i značajno premašuju, dosege europskog mišljenja.

Cilj je časopisa Kozmologija raditi na otporu postojećem stanju stvari te stva-



Portret Hegela,
Jakob Schlesinger, 1831.

Pravi oblik u kome istina egzistira može biti jedino njen naučni sistem. Zadatak koji sam sebi postavio jeste da surađujem na tome da se filozofija približi formi nauke - cilju da bude u stanju da odbaci svoje ime ljubav prema znanju da predstavlja stvarno znanje.

G. W. F. Hegel, Fenomenologija duha

ranju doprinosa sintezi filozofskog i empirijsko-znanstvenog mišljenja, prvenstveno u vidu priloga izgradnji suvremene filozofije prirode. Držimo da takva filozofija prirode, koja je sinonim općoj kozmologiji, treba polaziti kako od razvoja suvremene znanosti – uključujući i potrebu za kritičkom ocjenom njezinih pretpostavki, metoda, pojmova i rezultata – tako i od spekulativnog mišljenja koje se nalazi u produktivnom dijalogu s misaonom baštinom čitavog čovječanstva.

4 Općenito stanje fundamentalnih istraživanja u Hrvatskoj

Svi navedeni problemi, koji u ovome povijesnom trenutku onemogućavaju nužan razvoj kozmologije, prirodno se pojavljuju i u kontekstu fundamentalnih istraživanja u Hrvatskoj. U ovoj, u kontekstu Europe objektivno ekonomski perifernoj i ovisnoj zemlji, ti problemi dobivaju nužno zaoštreniji i destruktivniji vid nego što se to zbiva u zemljama centra. Trenutno dominantne zapreke u istraživanju Prirode tako se u domaćem kontekstu pojavljuju isprepletene sa specifičnim lokalnim problemima. Od njih možemo izdvojiti tri kao temeljna: i) pomirenost domaće znanosti sa svojim perifernim statusom – koji nerijetko prelazi u otvoreno izražavanje kolonijalnog mentaliteta, ii) postepeno propadanje fizike kao struke, te povezano iii) neadekvatna edukacija novih znanstvenih kadrova.

Kolonijalni mentalitet, nažalost u velikoj mjeri prisutan kod znanstvene zajednice u Hrvatskoj, uglavnom se izražava kroz potpuno nekritičku glorifikaciju inozemstva i načina na koji se znanosti pristupa „vani”, a koju onda prati bičevanje zbog „vlastite zaostalosti”. To onda nerijetko prati i gotovo isključivo orijentiranje na samo takve teme istraživanja koje su dio međunarodnog mainstreeama i slijede trenutnu modu. Zbog svega toga je bavljenje fundamentalnim pitanjima istraživanja Prirode u Hrvatskoj još uvelike više zanemareno nego u svjetskom prosjeku. Naravno da se podrazumijeva kako se sve provjerene europske i svjetske prakse koje omogućavaju objektivni razvoj znanja i istraživanja trebaju (doduše nakon pažljive kritičke analize i prilagodbe na drugačiji kontekst) iskoristiti kao inspiracija, a povremeno i modeli kod nas. No to je nešto sasvim drugo od naivne i štetne vjere da će se svi temeljni strukturni problemi riješiti pukim imitiranjem stranih rješenja. Osnovni je problem ovakvog pristupa što on ignorira suštinsku razinu samog pitanja, zanemarujući baš ono što je najvažnije – a to je upravo kritika trenutnog ropstva nauke bačene u okove tržišnih sila i vrednovanja znanja na temelju izvanjskih kvantitativnih kriterija, kao i sustavno zanemarivanja fundamentalnih istraživanja i onemogućavanje razvijanja sinteze između filozofsko-

spekulativne i znanstveno-empirijske metode. Sve navedeno, a što predstavlja glavnu zapreku istraživanju Prirode, nije specifično za jednu zemlju, već se odvija na svjetskoj razini. Nerijetko želja za imitacijom zapadnih obrazaca, djelujući kao izraz samo-nametnutog kolonijalnog mentaliteta, postaje izrazom krajnje regresivnih sila zapravo usmjerenih protiv autonomije znanosti i vodeći u pravcu dodatnog pogoršavanja situacije. To je stoga što se ti nekritički imitirani obrasci nerijetko nalaze posve bačeni u okove prikazanih protu-znanstvenih tendencija, dok se zna dogoditi da su domaći odnosi u nekim pojedinim aspektima, uglavnom zbog veće inercije, karakterizirani manjim stupnjem trijumfa ograničenog utilitarizma, redukcionizma i tržišnih sila. Uz to, jedan je od osnovnih problema ovakvog imitiranja razvijenih zemalja to što je svaka takva imitacija nužno veoma loša imitacija, a nerijetko i karikatura. Drugačije ne može biti ako se uzmu u obzir ogromni nesrazmjeri u pogledu raspoložive razine investicija i općih materijalnih uvjeta koji vladaju u centru i na periferiji Europe. U takvim uvjetima, besmisleno je imitirati ono što se u danome kontekstu ne može realizirati osim u vidu potvrđivanja marginalnog statusa lokalne znanstvene zajednice u kontekstu Europe i svijeta. Umjesto ovakvog imitiranja, odgovarajuće mjesto na znanstvenoj i uopće misaonoj karti može se ostvariti samo radom na pronalaženju novih puteva i formiranju novih škola mišljenja, napuštanjem kolonijalnog mentaliteta i plašljivog pretpostavljanja da su svi putevi već utabani i da ih se jedino može slijediti.

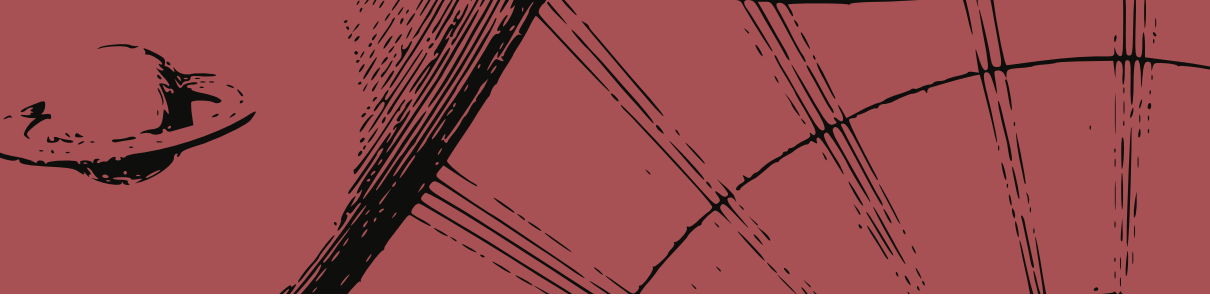
Velika se snaga reflektivnog mišljenja sastoji u tome da mu nisu potrebni skupi projekti i ogromni uređaji, već da se razvija u svojoj vlastitoj slobodi. U skladu s time, ne postoje nikakve zapreke koje bi spriječile da se u našoj zemlji krene prema sustavnom izučavanju najtemeljnijih pitanja istraživanja Prirode kao što su: ujedinjenje kvantne fizike i opće teorije relativnosti, problem života i svijesti, ujedinjenje empirijskih znanosti i filozofije, izučavanje mogućnosti i ograničenja ispitivanja Prirode matematičkom metodom, istraživanje mogućnosti spoznaje zbilje itd. - i to na način koji neće samo slijediti trenutne trendove, već pokušati otvoriti nove perspektive.

Navedeni put, koji zapravo predstavlja jedinu alternativu pasivnom prihvaćanju perifernog statusa domaće znanosti, moguć je samo ako se interesi pojedinaca stave u službu izgradnje novih škola mišljenja, te ako se edukacija novih istraživačkih kadrova – koja započinje s najranijim susretom s prirodnim znanostima, dakle već u školama – shvati kao neizostavan dio ovog procesa. Upravo su na ovom mjestu oštro vidljivi i drugi temeljni problemi naše znanosti: nefunkcioniranje znanstvene zajednice i njezinih dijelova kao jedinstvene zajednice, već gotovo potpuna usmjerenost samo na individualne interese; a s druge strane, zanemarivanje

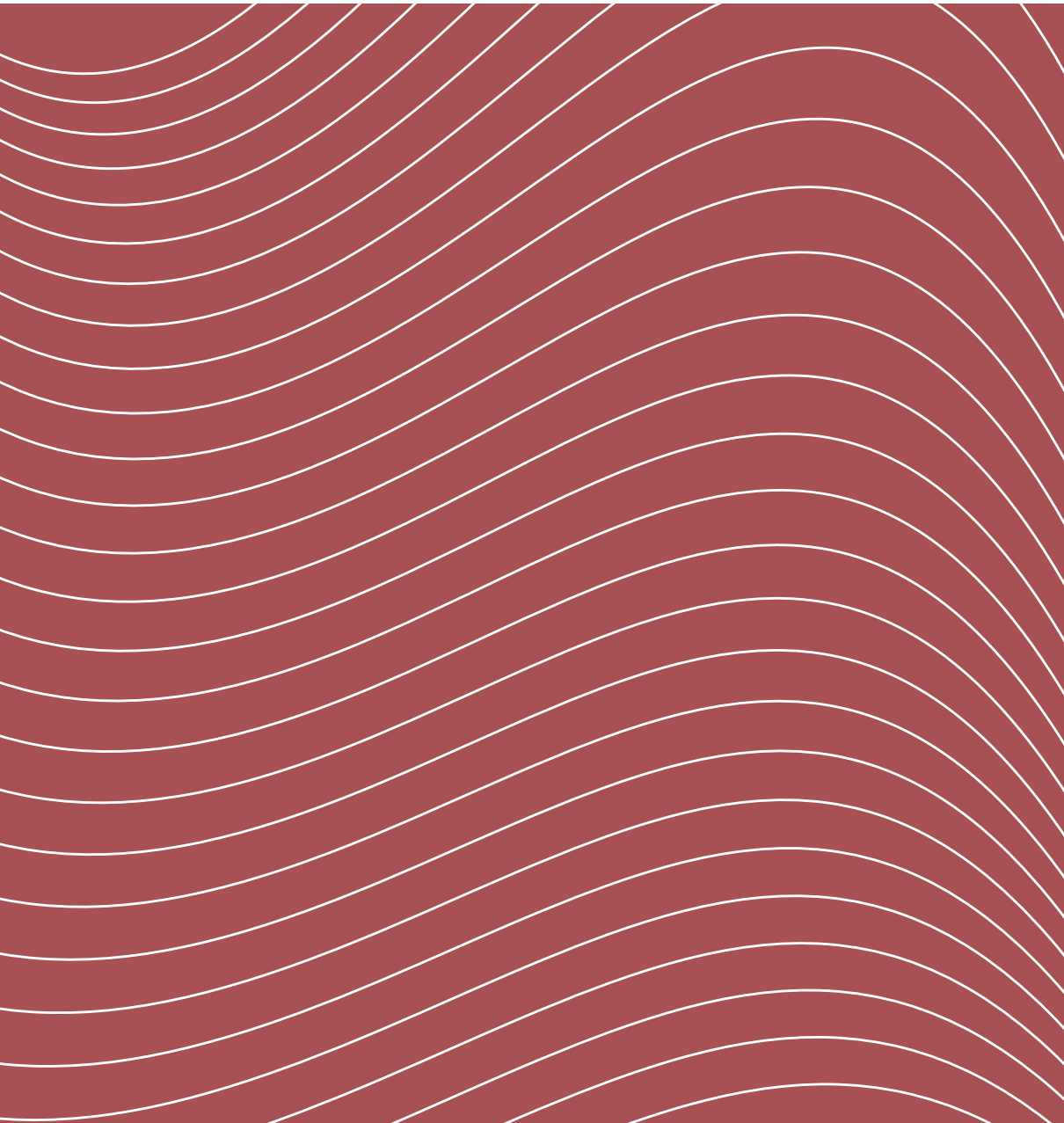
sustavne edukacije mlađih generacija. O problemima znanosti u Hrvatskoj u tom kontekstu najbolje govori činjenica da su „uspjesi hrvatske znanosti” o kojima se govori u medijima u pravilu uvijek uspjesi pojedinaca koji se nalaze na institucijama u inozemstvu. Propadanje funkcija znanstvene zajednice kao zajednice, a time i nemogućnost struke da ostvari minimum aktivnosti koje su neophodne za njezin razvoj, posebno su istaknute u području fizike – gdje ne postoje niti domaće stručne publikacije, a od nedavno čak niti strukovno društvo fizičara. Edukacija novih generacija se u takvim uvjetima odvija u potpunosti pasivno, slijedeći rutinu nezadovoljavajućeg obrazovnog sustava – pri čemu se niti u okviru nastave na fakultetima u pravilu ne ostvaruje minimum pripreme za kasniji istraživački rad, a niti osiguravaju uvjeti za istinsko razumijevanje znanstvenih sadržaja.

U takvim je uvjetima prijeko potrebno ponovno aktualizirati antički ideal akademije – kao slobodne zajednice mislioca i istraživača Prirode, učenika i učitelja ujedinjenih u zajedničkoj ljubavi prema spoznaji kao jedinoj i najvišoj svrsi svog djelovanja. U tom je cilju potrebno iskoristiti formalni akademski i obrazovni sustav, ali istovremeno razvijati i alternativne prostore diskusije i okupljanja, kako bi se omogućilo povezivanje raznih područja istraživanja i različitih prirodnih znanosti, njihova sinteza s filozofskim mišljenjem, te integracija edukacije i znanstvenog istraživanja. Ovaj časopis, kao uostalom i Institut za kozmologiju i filozofiju prirode kroz druge oblike svojeg djelovanja, nastojat će, koliko god je to moguće, dati svoj doprinos u ostvarivanju ovoga cilja.

Redakcija časopisa Kozmologija



ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA



Ciklički Svemir

===== *Petar Pavlović¹, Marko Sossich^{1,2}* =====

¹ *Institut za kozmologiju i filozofiju prirode,*

² *Zavod za primijenjenu fiziku, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva*

petar.pavlovic@icpn.hr, marko.sossich@icpn.hr

Sažetak

U ovome radu dajemo pregled ideje o cikličkom Svemiru iz fizikalne i filozofske perspektive, kao i njezin sažeti povijesni prikaz. U prvom poglavlju temi cikličkog Svemira pristupamo iz perspektive aktualnih konceptualnih problema fizikalne kozmologije. Argumentiramo kako je program cikličkog Svemira logična alternativa koja je u svojim pretpostavkama u stanju da nađi probleme i ograničenja pretpostavke o Svemiru koji je nastao, te je kao takav u potpunosti u suglasnosti sa svim dosadašnjim opažanjima. Polazeći od ovih razmatranja, ideju cikličkog Svemira promatramo zatim i u kontekstu povezanih filozofskih pitanja. Nakon toga, u drugom poglavlju donosimo kratki pregled povijesti cikličkog Svemira u razvoju mitološkog i filozofskog mišljenja. Drugi dio ovog rada, koji čine treće i četvrto poglavlje, pruža diskusiju o istraživanju cikličkog Svemira korištenjem fizikalnih metoda, dajući pregled povezanih temeljnih matematičkih i tehničkih detalja te prikazujući neke nedavne vlastite rezultate autora, usmjerene prema općenitom modeliranju cikličnog Svemira. Konačno, rad završavamo diskusijom o problemu entropije u cikličkom Svemiru.

1 Statički Svemir, Veliki prasak i ciklički Svemir u suvremenoj fizici

Mogli bi reći da je najviša točka dosadašnjeg razvoja prirodnih znanosti dosegnuta već u samoj mogućnosti da se u okviru fizike otvori pitanje o postanku svega što jest. Navedeno pitanje postanka Svemira po svojoj vlastitoj prirodi predstavlja čvorište u kojemu se sastaju fizika i metafizika, odnosno empirijske znanosti i filozofija – i time zapravo već mogućnost njegovog postavljanja u ovome povijesnom trenutku potvrđuje potrebu nužne sinteze spekulativnog i empirijskog mišljenja. Istovremeno, treba sasvim iskreno priznati kako se naše razumijevanje ovog pitanja iz perspektive fizikalnih metoda nalazi tek na samome početku, odnosno u fazi

kada se tek pokušava ozbiljnije formulirati. Može li na njega uopće biti uspješno odgovoreno korištenjem matematički i fizikalnih metoda, a pogotovo onih koje su nam trenutno na raspolaganju, predstavlja jedno sasvim novo i nimalo jednostavno pitanje. Ne ulazeći u njega na ovom mjestu, možemo ipak konstatirati kako nam naše dosadašnje povijesno iskustvo pokazuje da nam, čak i u slučaju negativnog odgovora na posljednje pitanje, upotreba metoda fizike barem omogućava da se donekle približimo razumijevanju Svemira i njegove prošlosti. U tom pogledu, smatramo da je rad na razvoju modela cikličkog Svemira značajan ne samo u vidu razrade novog modela koji je u stanju nadići sva ograničenja – kao i filozofske, konceptualne i fizikalne probleme ideje o Svemiru koji je vremenski konačan, već i u širem cilju razvijanja suvremene opće kozmologije (kao discipline koja uključuje sintezu kako fizikalnih tako i filozofskih metoda), a koja je moguća samo kroz istovremeni sukob i dijalog različitih ideja i teorija.

Velika znanstvena otkrića prošlog stoljeća vezana uz prošlost Svemira – kao što su opća teorija relativnosti, otkriće međusobnog udaljavanja galaksija, mikrovalnog pozadinskog zračenja koje ispunjava Svemir i ispitivanje zastupljenosti kemijskih elemenata - doveli su do postepenog odbacivanja slike o statičnom i vječnom Svemiru. Slika Svemira koji je oduvijek nepromjenjivo postojao bila je toliko čvrsto ukorijenjena u znanstvenoj tradiciji prošlih stoljeća da ova promjena paradigme nije prošla bez snažnog otpora – kao što su rana nastojanja Einsteina da na umjetan način očuva statički svemir dodavanjem posebno namještenog matematičkog člana ili kasniji pokušaji izgradnje modela stalnog stanja. Konačno, svi su se ovi pokušaji pokazali teorijski nepotpuni i problematični, te u sukobu s opažanjima. Možda je do sada najveći rezultat fizikalne kozmologije kao discipline to što je unutar nje pokazano da Svemir kao cjelina nije nepromjenjiv, već se neminovno mijenja – jednako kao što se i svi posebni dijelovi Svemira nezadrživo mijenjaju. Ne samo da se ta promjena izražava kao trenutno širenje Svemira, već se u toku tog širenja mijenjaju i strukture koje ga čine i procesi koji se u njima zbivaju. Time su zapravo kao aktualne alternative odgovora na pitanje o postanku Svemira preostale dvije koje su tisućama godina starije od one statičnog Svemira i čiji počeci sežu u epohu mitološkog mišljenja čovječanstva: i) Svemir nije postojao oduvijek već je nastao, ii) Svemir je vječan, ali i dinamičan; Svemir postoji oduvijek, ali tako prolazi kroz cikluse stvaranja i uništenja, odnosno skupljanja i širenja.

Treba istaknuti da u ovome trenutku, iz perspektive fizike i postojećih empirijskih dokaza, ne postoji mogućnost da jednu od tih alternativa isključimo. Često iskazani popularni stav prema kojemu "današnja znanost zastupa gledište da je

Svemir započeo u Velikom prasku” u osnovi je pogrešan. Sva naša opažanja koja nam daju neke empirijske uvide o prošlosti Svemira zapravo sežu tek u period u kojem Svemir postaje propustan za elektromagnetsko zračenje, stotinama tisuća godina nakon pretpostavljenog trenutka Velikog praska (za detalje preporučujemo neke od standardnih udžbenika kozmologije [1, 2, 3]). Većina naracija o Velikom prasku stoga se zapravo temelji na pojmovnoj zbrci. U opreci spram modela nepromjenjivog Svemira, a u suglasnosti s novim opažajkim otkrićima širenja galaksija i mikrovalnog pozadinskog zračenja, u kozmologiji je razvijen standardni model prema kojemu se današnji Svemir razvio širenjem iz ranijeg stanja obilježnog mnogo većom gustoćom i temperaturom – i taj model je dobio naziv Velikog praska (skovan od Freda Hoyla koji je zastupao suparnički model stalnog stanja). Takav model ”Velikog praska” zapravo je jednako u skladu s idejom o Svemiru koji je nastao, kao i idejom o Svemiru koji postoji vječno kroz svoje oscilacije - jer razvoj današnjeg Svemira iz ranijeg stanja velike gustoće savršeno je konzistentan s idejom da je tom stanju prethodio raniji period sažimanja u prošlosti Svemira.

Zapravo jedini argument u prilog početka Svemira – dakle Velikog praska u užem smislu riječi, koji se kao pojam neopravdano brka s onim diskutiranim u prethodnom odjeljku – potječe ne iz opažanja, već teorijske fizike, točnije opće teorije relativnosti. No, kako ćemo vidjeti, utemeljenost tog argumenta je veoma problematična te se on stoga ne može uzeti kao odlučujući dokaz po pitanju postanka Svemira. Hawking je naime u seriji svojih poznatih radova [4, 5, 6] dokazao teoreme o singularnosti, nastavljajući se na radove Rogera Penrosa. Po njima izlazi da – pretpostavljajući kako je opća teorija relativnosti ispravna i kako materija-energija u Svemiru poštuje uobičajene tipove energijskih uvjeta – svako prostor-vrijeme koje opisuje Svemir mora u sebi sadržavati singularnost: točku u kojoj zakrivljenost prostor-vremena postaje beskonačna (pri tome se ta zakrivljenost može tehnički iskazati preko invarijantnih veličina kao što je Riccijev skalar ili drugi tipovi kontrakcija Riemannovog tenzora, kao što je Kretschmannov skalar). Najvažniji uvid koji ovi teoremi pružaju iskazan je u činjenici da postojanje singularnosti ne proizlazi kao posljedica određenog modela prostor-vremena, već predstavlja nužno i opće svojstvo opće teorije relativnosti (pod pretpostavkom da svi oblici materije-energije u Svemiru poštuju ista svojstva kao i oni oblici koji su nam trenutno poznati). Međutim, ovdje fizikalno najproblematičnija pretpostavka je ona o točnosti opće teorije relativnosti - koja je zapravo pretpostavka njezine apsolutne točnosti. Naime, ne radi se samo o pretpostavci važenja njezinih temeljnih principa (gravitacija kao manifestacija svojstava prostor-vremena, princip ekvivalencije i kovarijantnosti), već o pretpostavci matematičkog važenja

klasičnih Einsteinovih jednadžbi gravitacijskog polja (što se na tehničkoj razini iskazuje kao linearna veza između Einsteinovog tenzora, $G_{\mu\nu}$, koji opisuje zakrivljenost prostor-vremena te tenzora energije-impulsa, $T_{\mu\nu}$, koji opisuje materiju-energiju, čime je jednadžba gravitacijskog polja dana kao $G_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu}$, gdje je G Newtonova konstanta gravitacije). Ključno je istaknuti da su već dugo vremena poznati veoma snažni teorijski razlozi zbog kojih tu pretpostavku trebamo smatrati pogrešnom.

Osnovno je ograničenje opće teorije relativnosti to što je opis materije-energije i prostor-vremena u njoj u potpunosti deterministički i klasičan. Drugim riječima, sustavi koje ona opisuje pretpostavljaju se kao u potpunosti određeni u svakom trenutku, što onda određuje povijest svih ranijih i kasnijih trenutaka. Međutim, cjelokupni je razvoj fizike prošlog stoljeća potvrdio da je mikroskopski opis materije moguć samo ako se pretpostave relacije neodređenosti kvantne fizike, kao i probabilistički opis fizikalnih procesa putem valne funkcije. Na dovoljno velikim energijama, kada lokalni mikroskopski fizikalni procesi postanu tako značajni da više ne mogu biti ignorirani te počinju utjecati na globalnu strukturu prostor-vremena, opća teorija relativnosti više ne može biti tretirana kao ispravna. Drugim riječima, u režimima u kojima očekujemo da će efekti kvantne fizike postati odlučujući po opis gravitacije, više se ne može koristiti opća teorija relativnosti, nego još nepoznata teorija kvantne gravitacije. U skladu s time, imamo sve razloge da pretpostavimo kako će, odlazeći u prošlost Svemira gdje energijske skale postaju sve više – jednako kao i zakrivljenost prostor-vremena, Svemir prije napustiti režim u kojemu opća teorija relativnosti vrijedi kao valjana aproksimacija, nego dosegnuti singularnost. Na temelju našeg sadašnjeg poznavanja kvantne fizike možemo očekivati da će, ne samo materija-energija u svim svojim komponentama, već i samo prostor-vrijeme, u veoma ranom Svemiru početi divlje fluktuirati. U takvim uvjetima nemamo nikakve ozbiljne razloge da pretpostavimo kako će se kao ispravna jednadžba gravitacije zadržati Einsteinova jednadžba u svojem klasičnom obliku. Glavni je problem s primjenom Hawkingovih teorema u svrhu dokazivanja fizikalnog postojanja singularnosti stoga taj što nemamo nikakvih uvjerljivih argumenata - štoviše imamo mnogo razloga protiv - da vjerujemo u apsolutnu ispravnost klasične opće teorije relativnosti u navedenom režimu koji je ovdje upravo od interesa za našu raspravu.

Kao naredni korak nužno se postavlja sljedeće pitanje: mogu li spomenuti kvantni gravitacijski efekti zaista spriječiti pojavljivanje singularnosti? Rečeno drugačije, mogu li kvantni gravitacijski efekti nadomjestiti ono što se u čisto klasičnoj općoj teoriji relativnosti pojavljuje kao početak Svemira kozmičkim odbojem – od-

nosno prijelazom iz ranijeg stanja skupljanja u sadašnje stanje širenja Svemira? Za precizan odgovor na ovo pitanje morali bismo poznavati kvantnu teoriju gravitacije, što trenutno nije slučaj. U takvom stanju stvari, kao sljedeći korak nužno se nameće razmatranje tog pitanja na osnovu onoga što o kvantnim svojstvima gravitacije možemo očekivati, a na temelju poznavanja razlika opisa drugih fizikalnih polja koje su nastupile kao posljedica njihove uspješne kvantizacije. U slučaju neznanja najbolje je ostati što je moguće više konzervativan, rukovoditi se poznatim iskustvima i uvoditi što manje novih proizvoljnih konstrukcija. U tom se duhu možemo pitati: kakvi su u načelu najviše konzervativni učinci kvantne gravitacije koje možemo očekivati? Svakako možemo očekivati da će kvantni učinci u najmanju ruku dovesti do korekcija na Einsteinove jednačbe, kako je to slučaj s opisom ostalih polja koja su uspješno opisana kvantnom fizikom. Nešto možemo naslutiti i o mogućem matematičkom obliku tih korekcija. Korekcije u kvantnoj teoriji polja tipično uzimaju oblik samo-interakcije kvanata polja, što bi u ovom slučaju značilo samo-interakciju gravitacije. Takvi učinci tipično dovode do pojavljivanja viših potencija prostorno-vremenske zakrivljenosti (odnosno Riccijevog skalara i ostalih invarijantnih kontrakcija Riemannovog tenzora) u integralu akcije za gravitacijsko polje. Može se pokazati (vidi diskusiju u poglavlju 4. ovoga rada, kao i pregled literature te matematičku razradu ovog pitanja u [7]) da već veoma jednostavne, čisto matematičke korekcije tog tipa (koje zadržavaju sve glavne Einsteinove fizikalne pretpostavke netaknutima) mogu spriječiti pojavljivanje singularnosti te dovesti do toga da se stanje beskonačne zakrivljenosti i gustoće zamijeni neprekidnim i dobro definiranim prijelazom Svemira iz skupljanja u širenje. U pogledu ovog pitanja posebno treba istaknuti kako je u do sada najrazrađenijem programu kvantizacije gravitacije koji je poznat kao kvantna gravitacija petlje, točnije u okviru njegove primjene na kozmologiju, poznatom kao kvantna kozmologije petlje, pokazano kako se uključivanjem kvantnih učinaka u opis geometrije ukida singularnost Velikog praska, pretvarajući se u kozmički odboj [8]. Možemo zaključiti da se glavnina naših trenutnih fizikalnih uvida, kao i logičnih zahtjeva koje postavljamo pred kvantnu gravitaciju veoma dobro slaže u pogledu odbacivanja fizikalne realnosti Velikog praska.

Premda na temelju Hawkingovih teorema nikako ne možemo zaključiti da je Svemir započeo u Velikom prasku, oni su i dalje veoma značajni ako se promotre na drugačiji način. Značaj Hawkingovih teorema može se vidjeti upravo u tome što oni ukazuju na temeljnu nužnu nepotpunost opće teorije relativnosti i time zapravo signaliziraju potrebu njezinog nadomještanja općenitijom teorijom u režimima velikih zakrivljenosti. Pojavljivanje singularnosti kao posljedice opće teorije

relativnosti ne može se – kao što smo diskutirali – naivno i neopravdano prihvatiti kao dokaz fizikalne egzistencije singularnosti, već prije kao dokaz unutarnje nepotpunosti same teorije. Nadalje, time što početak Svemira iskazuju kao singularnost, dakle matematički patološko i nedefinirano stanje, Hawkingovi teoremi zapravo implicitno ukazuju na nužnost kozmičkog odboja (a time zapravo i cikličkog Svemira) kao teorijski gledano superiornije alternative koja ne pati od takvih patoloških nedostataka.

Uzimajući u obzir prikazano stanje stvari, čini se veoma neobičnim kako je jedna matematička patologija prostor-vremena uspjela dobiti tako slavan status, pogotovo u široj javnosti. Početna singularnost, koja je u klasičnoj općoj teoriji relativnosti matematički neminovna, postala je tako, na temelju mistifikacije, Velikim praskom, slavnim trenutkom stvaranja čitavog Svemira. No, iza ovog velebnog naziva u osnovi se kriju samo veoma jednostavne (i tehnički krajnje problematične) matematičke divergencije npr. gustoća $\rho \approx a^{-4} + a^{-3}$ i Riccijevog skalara zakrivljenosti $R = (6/a^2)(a\ddot{a} + \dot{a}^2)$, u ovisnosti o faktoru skale a (koji opisuje promjenu udaljenosti točaka na prostor-vremenu Svemira), a koje se zbivaju u točki $a = 0$. Pri tome su \dot{a} i \ddot{a} prva i druga derivacija faktora skale po vremenu (u tzv. FRWL modelu Svemira koji se temelji na aproksimaciji da je Svemir jednak u svim svojim točkama i gledano u svim smjerovima). Opća teorija relativnosti zapravo ne opisuje Svemir koji nastaje iz Velikog praska jer se, kako smo pokazali, ispod ovog pojma zapravo krije matematička divergencija koja znači rušenje teorije i nemogućnost samog opisa razvoja Svemira, dakle bilo kakve evolucije Svemira iz te točke prema prošlosti ili budućnosti. Različiti tipovi sličnih matematičkih singularnosti su nam dobro poznati već i iz klasične fizike, npr. jakost električnog polja E za naboj Q na udaljenosti r , $E = Q/(4\pi r^2)$ kada udaljenost postaje $r = 0$. Takav tip matematičkih problema, povezanih s divergencijom rješenja fizikalnih jednadžbi, u pravilu pokazuje da je teorija došla do svojih granica i da više ne može ispravno opisivati fizikalne pojave (kao što npr. divergencija električnog polja za $r = 0$ označava da se klasična elektrodinamika mora zamijeniti kvantnom elektrodinamikom na mikroskopskim skalama). Isto tako, već sada posjedujemo dovoljan broj načelnih argumenata, kao i prve konkretne matematičke dokaze, koji nas učvršćuju u uvjerenju da je singularnost u evoluciji Svemira koja se zbiva za $a = 0$ samo matematički izraz potrebe za opisom ranog Svemira korištenjem kvantne gravitacije i ništa više. Velika, a u širim ne-znanstvenim krugovima u pravilu i nekritička, fascinacija Velikim praskom kao početkom Svemira stoga svoje razloge ima prvenstveno u razmatranjima koja nisu fizikalne, već često svjetonazorske ili (uglavnom nesvjesno) metafizičke naravi. No, kao što ćemo ukratko vidjeti u slje-

dećem poglavlju, ako želimo biti ozbiljni treba istaknuti da u tim pitanjima stvari nisu nipošto jednostavne kako se uglavnom vjeruje – npr. dio filozofskih škola koje su zastupale ciklički Svemir imale su u sebi istaknutu teološku komponentu, jednako kao što i vjerovanje u početak Svemira ne implicira nužno postojanje božanskog bića. U svakom slučaju, trebalo bi uvažiti kompleksnost čitavog pitanja, te dati mogućnost slobodnog razvoja kako empirijski-znanstvenog tako i metafizičkog te uopće filozofskog aspekta ove složene problematike. Kao i kod drugih pitanja tako se i ovdje još jednom pokazuje da bez filozofije prirode – jedinstvene discipline koja bi između ostaloga kritički izučavala ograničenja fizikalnih teorija i mogućnost iščitavanja filozofskih posljedica iz istih, paralelno uz njihovo teorijsko i matematičko razvijanje, svako bavljenje temeljnim pitanjima, kao što je ono postanka Svemira, završava u intelektualnoj neozbiljnosti, nepromišljenom slijeđenju intelektualne mode te favoriziranju često najvulgarnijih rješenja i interpretacija fizikalnih rezultata.

Približavajući se kraju ovog dijela poglavlja, možemo zaključiti da se na temelju trenutno raspoloživih spoznaja teorijske i eksperimentalne fizike Svemira nikako ne može dati konačan odgovor na pitanje je li Svemir imao početak ili ne. S druge strane, na temelju ukupnih teorijskih uvida koje posjedujemo, možemo s velikom sigurnošću zaključiti da je singularnost Velikog praska zapravo nefizikalni rezultat koji proizlazi iz ograničenosti same opće teorije relativnosti te koji se mora zamijeniti s kozmičkim odbojem - prelaskom Svemira iz ranije faze skupljanja u sadašnju fazu širenja. Time se naravno ne može nikada do kraja isključiti mogućnost da je, premda prolazeći kroz kozmički odboj, Svemir zapravo započeo u nekom još ranijem trenutku ili da se na pitanje o postanku Svemira naprosto ne može dobiti odgovor u okvirima fizike (primjerice, u slučaju da nekakva temeljna ograničenost njezine metodologije zapravo onemogućava da se odgovori na to pitanje u njezinom okviru). Ipak, zadržavajući se u ovoj diskusiji na problemu shvaćanja razvoja Svemira polazeći od spoznaja suvremene fizike - te interpretirajući i motivirajući pojedina filozofska rješenja u tom svjetlu – nećemo ulaziti u raspravu o takvim alternativama, za koje se u ovome trenutku ne mogu pružiti nikakvi nužni razlozi, te koje stoga ostaju čisto hipotetične. Spomenuti razlozi nas dakle, u tom okviru pretpostavki, motiviraju na sliku Svemira koji postoji oduvijek i prolazi kroz kozmički odboj.

Takvo nadomještanje postanka Svemira u Velikom prasku kozmičkim odbojem, koji predstavlja samo dosezanje minimalne skale udaljenosti među objektima, oslobađa nas različitih temeljnih problema i nedostataka koji su neminovno povezani s idejom o nastanku Svemira. Tako više ne postoji singularnost koja

znači kraj mogućnosti fizikalnog modeliranja Svemira, već se u kozmičkom odboju osigurava neprekidna i dobro definirana evolucija Svemira u svim trenucima. Osim toga, svaka ideja o nastajanju svega što jest vodi na ozbiljne filozofske probleme stvaranja iz ničega. Često se, u svrhu pokušaja ublažavanja proturječnosti koje razum uviđa u bavljenju ovim pitanjem, ističe kako sam postanak dovodi do stvaranja fenomena prostora i vremena, te se zbog toga ne može pitati o tome što je bilo prije stvaranja Svemira. Međutim, ova veoma poznata primjedba ne rješava osnovnu razinu problema, već je zapravo čak i zaoštava. Ideja postanka se naime temelji na prijelazu čistog nebića u biće, odnosno u postojanje - i to na takav način koji označava diskretnu rasječenost i potpunu odvojenost tih pretpostavljenih stanja, a istovremeno i spontanost navedenog prijelaza. Nasuprot razumskoj logici, koja biće i nebiće nastoji u potpunosti razdvojiti i promotriti u njihovoj pretpostavljenoj apsolutnoj razlici - i unutar koje je nemoguće pojmiti bio kakav prelazak iz bića u nebiće te nebića u biće, dijalektička logika nastoji misliti ostvarenje identiteta njihove razlike i nužnost takvih prijelaza. Veoma lijep uvod u takva razmatranja može se naći na početku Hegelove Logike, u transkripciji koja je objavljena i u ovom broju časopisa Kozmologija. U okviru spoznaja suvremene fizike ovaj je princip potvrđen kvantnim vakuumskim fluktuacijama. Ako pretpostavimo čisti vakuum (što je zapravo način na koji se kroz fizikalne pojmove prikazuje ništavilo), onda on u kvantnoj teoriji polja neminovno postaje ispunjen parovima čestica/anti-čestica, koji se iz njega pojavljuju i u njemu nestaju, odnosno nebiće se ostvaruje kao biće. Međutim, i u okvirima dijalektičkog pristupa, ideja o postanku zbog svojih pretpostavki i dalje ostaje nekonzistentna. Sada problem nije više naprosto u jednostavnoj nemogućnosti prelaska ničega u biće, već u pretpostavljenoj pojmovnoj odvojenosti takvih stanja. Ako postavimo čisto nebiće onda ono, promotreno u svojoj dijalektici, mora neminovno upravo time što je postavljeno kao takvo prijeći u biće (odnosno preciznije, čisto nebiće istovjetno s čistim bićem, prešlo je u postojanje, nešto što se pokazuje kao neko određeno biće). Drugim riječima, Svemir bi morao uvijek postojati: jer čak ako i pretpostavimo stanje njegovog nepostojanja, ono je odmah ukinuto razvijanjem postojanja. Nasuprot tome, ideja o postanku bi zahtijevala jedno čisto ništa koje opstaje u identitetu sa samim sobom kao čisto ništa i onda iznenada – sasvim paradoksalno – diskretno prelazi u postojanje Svemira. No, ako se čisto ništa održava u identitetu sa samim sobom, kako je onda moguće pojavljivanje različite tendencije u njemu koja bi ga ukinula kao čisto ništa? Ako takva tendencija postoji onda se ne radi o čisto ničemu, već upravo o nečemu, odnosno o biću. Ako ona pak ne postoji, onda čisto ništa mora naprosto ostati jednako samome sebi i Svemir ne

može nastati. Mora se dakle zaključiti da je ideja o Svemiru koji je nastao, čijem je trenutnom postojanju dakle prethodilo jedno stanje održavanja u nepostojanju, nekonzistentna kako iz perspektive tradicionalne razumske logike – jer pretpostavlja za nju neprihvatljiv princip prelaska iz nebića u biće, tako i iz perspektive dijalektičkog mišljenja – jer pretpostavlja ne-dijalektičku odvojenost i isključivost stanja bića i nebića. Nasuprot tome, slika beskonačnog Svemira koji umjesto nastajanja samo prolazi kroz kozmički odboj u potpunosti izbjegava ovakve temeljne probleme.

Usprkos ovim značajnim i dubokim prednostima koje ostvaruje, model beskonačnog Svemira koji prolazi kroz kozmički odboj sam po sebi i dalje ostaje nepotpun i u određenom opsegu neprirodan. To proizlazi iz stoga što u povijesti Svemira unutar ove slike postoji jedna veoma specifična i izuzetna točka: moment prelaska iz skupljanja u širenje, koji dijeli čitavu njegovu evoluciju na dva beskonačna dijela – beskonačno dugi period širenja nakon odboja i beskonačno dugi period skupljanja prije odboja. Svemir bi se tako beskonačno dugo sažimao, budući da prije svakog proizvoljnog trenutka sažimanja postoji uvijek raniji period sažimanja; te bi nakon tog beskonačno dugog vremena skupljanja morao u jednoj točki prijeći u širenje, koje bi isto tako trajalo beskonačno. Ova promjena stanja koja nastupa nakon beskonačno dugo vremena još je problematičnija ako primjerice prihvatimo procjenu (na temelju evolucije predviđene unutar spomenutog standardnog FRWL kozmološkog modela) da se kozmički odboj mogao dogoditi prije otprilike 14 milijardi godina. Prema tome bi izlazilo da se trenutno nalazimo u jednoj potpuno povlaštenoj i neprirodnoj fazi razvoja Svemira, praktički uz samu točku odboja, dok se iza i ispred nas nalaze beskonačno dugi periodi, po volji udaljeni od točke kozmičkog odboja. Ovi problemi mogu se jednostavno ukloniti ako se odbaci povlaštenost i neprirodnost jedinstvene točke kozmičkog odboja u evoluciji Svemira. Model Svemira postaje u potpunosti završen i prirodan tek ako se pretpostavi da postoje mnoge točke kozmičkog odboja, odnosno da se prelazak iz skupljanja u širenje ne zbiva samo jednom, već beskonačno mnogo puta. To nas vodi na model cikličkog Svemira koji predstavlja potpunu i dosljednu alternativu filozofski, konceptualno, matematički i fizikalno krajnje problematične predstave o stvaranju Svemira u Velikom prasku. Pri tome smo pokazali da ideja o cikličkom Svemiru ne nastaje iz nekog intelektualnog hira, odnosno želje za stvaranjem nekog novog egzotičnog modela, već iz potrebe da se prevladaju temeljna filozofska, konceptualna i matematička ograničenja drugih modela, koja nas logički korak po korak vode prema ideji cikličkog Svemira.

2 Ciklički Svemir u povijesti mišljenja čovječanstva

2.1 Mitološke predodžbe o cikličkom Svemiru

Veoma je zanimljivo što ideja o cikličkom Svemiru, koju smo u prošlom poglavlju konceptualno razvili polazeći od razvoja znanja suvremene fizike, predstavlja vjerojatno najstariju predodžbu o Svemiru, koja seže u prošlost daleko prije pojavljivanja filozofije i fizike kao samostalnih disciplina, duboko u sloj prvobitnog mitološkog mišljenja čovječanstva. Čini se kako su sve velike drevne kulture, u velikoj mjeri nezavisno, razvile svoje varijante predodžbi o cikličnosti Svemira. Pri tome se negdje radilo o jednostavnim mitološkim elementima i grubim slikama, a drugdje o kompleksnim i razvijenim koncepcijama cikličnosti svijeta, spremnim da se iz mitološkog mišljenja prenesu u filozofsko. Usprkos svom bogatstvu takvih razlika, čini se kako je svim tim predodžbama zajedničko što inspiraciju za cikličnost svijeta crpe iz punine neposrednog životnog iskustva čovjeka. Život se zaista pokazuje kao niz međusobno isprepletenih ciklusa koji se sastoje u izmjenama oprečnih, neprestano smjenjujućih, faza: dana i noći, udaha i izdaha, katabolizma i anabolizma, sistole i diastole, mjesečevih mijena, spavanja i budnosti, rasta i opadanja, rađanja i umiranja. U takvom nizu temeljnih prirodnih ciklusa treba posebno istaknuti onaj kretanja godine i smjene godišnjih doba, usko povezan s ciklusima kretanja nebeskih tijela. Za sve lovačke i poljoprivredne kulture, čije je preživljavanje ovisilo o veoma dubokom i preciznom poznavanju smjena godišnjih doba i svjesnosti o njihovoj periodičnosti, čini se da je upravo ovaj niz pojava postao temeljnom osi razumijevanja svijeta i razlogom duboke uvjerenosti u ciklički karakter sveukupnog postojanja.

O svemu ovome veoma nam rječito svjedoči sačuvani materijal vjerovanja i rituala starih naroda. Cikličnost Prirode pri tome se ne doživljava naprosto kao intelektualna predodžba, već se u vidu rituala aktivno proživljava u određenim razdobljima svake godine, zadajući temeljni okvir društvenim običajima: *"Cijela Nova godina jest ponovno oživljavanje vremena u njegovom počinjanju, to jest, ponavljanje kozmogonije. Ritualne borbe između dviju skupina, prisutnost mrtvih, saturnalijske i orgije, isto su tako elementi koji...pokazuju da se na kraju godine i u očekivanju Nove godine ponavljaju mitski trenuci prijelaza iz Kaosa u Kozmogoniju... Možemo uočiti da u svim tim lunarnim kozmičko-mitološkim koncepcijama prevladava ciklični povratak onoga što je bilo prije, jednom riječju - "vječni povratak". I tu nailazimo na motiv ponavljanja arhetipskog djela koje je preneseno na sve planove: kozmički, biološki, povijesni, ljudski itd. No istovremeno otkrivamo cikličnu strukturu vremena koje se regenerira sa svakim novim rođenjem, bez obzira na kojem se planu ono dogodi"* [9]. Široka rasprostranjenost ovakvih mitoloških

shvaćanja o cikličnosti postojanja može se pratiti u svim civilizacijama, posebno u kultovima plodnosti i svetkovinama vezanim uz temeljne točke godine (ljetni i zimski solsticij te proljetni i jesenski ekvinocij) te njihovo periodičko obnavljanje: kod Slavena, Maya i Azteka – gdje se razvijaju i detaljne ideje o cikličkom nastajanju i nestajanju čovječanstva, u Kini, Iranu, Indiji, Babilonu (naročito vezano uz astronomske predodžbe), kod starih Grka – posebno izraženo u mitu o smjeni povijesnih doba, Rimljana, kod Afričkih plemena, kao sagorijevanje i novo stvaranje svijeta u germanskoj tradiciji itd.

Koncepcija o cikličkom Svemiru vjerojatno dobiva svoju najsofisticiraniju mitološku razradu u okviru indijskih predodžbi. Već u najranijim himnama Rg Vede, koje se samo uslijed dubokog nerazumijevanja mogu okvalificirati jednostavnim politeizmom, periodičnost Prirodnih pojava predstavlja jedan od temeljnih i stalno ponavljajućih motiva. Velik broj himni je povezan s kozmološkom simbolikom u kojoj se slavi univerzalna pravilnost koja se ostvaruje kroz kretanje svijeta (*Rta*), godina se prikazuje kao kotač čije su žbice mjeseci i dani ili kao pravilno kretanje solarne kočije. Primjerice: *The twelve-spoked wheel, of the true (Sun) revolves around the heavens, and never (tends) to decay: seven hundred and twenty children in pairs, Agni, abide in it...All beings abide in this five-spoked revolving wheel; the heavily loaded axle is never heated; its internal compact nave is never worn away...the even-fellied, undecaying wheel, repeatedly revolves: ten, united on the upper surface, bear (the world): the orb of the Sun proceeds, invested with water, and in it are all beings deposited*[10] (720 djece predstavljaju očito dane i noći u toku godine dana, a pet žbica se vjerojatno odnosi na godišnja doba). Iz takvog pravilnog kretanja mnogovrsnih prirodnih sila (kao što su Vatra/Agni, Vayu/Vjetar, Ušas/Zora, Sunce/Surya, Mjesec-Nektar/Soma itd.) koje su u pjesničkoj viziji djelomično antropomorfizirane - premda nikada ne postajući posve individualiziranim božanstvima, već se, naprotiv, u himnama Veda neprekidno javljaju prelazeći jedni u druge, stalno upućujući na ono jedno i opće koje se svima nalazi u podlozi – pojavljuju se blagotvorne smjene prirodnih uvjeta, koje donose kiše što stvaraju hranu te omogućavaju blagostanje biljkama, životinjama i ljudima. U post-vedskom razdoblju kozmološka predodžba svijeta se znatno razrađuje, pri čemu se cikličnost Svemira u potpunosti eksplicira i postavlja u njezino središte. Prvobitna podjela Svemira na tri svijeta (zemlju, nebesa i atmosferu) dodatno se produbljuje uvođenjem mnoštva različitih svjetova koji odgovaraju različitim tipovima bića, a koji su hijerarhijski raspoređeni od najnižih do najviših, onih božanskih. Vrijeme protječe u vidu četiri različita razdoblja ili yuge, koje se ciklički ponavljaju, a između kojih se zbivaju periodička uništavanja i stvaranja Svemira. Čitava tako zamišljena evolucija Svemira zbiva se na temelju

tri osnovne kozmičke funkcije: stvaranja, održavanja i uništenja, kojima predsjedavaju tri božanstva - Brahma, Višnu i Šiva, koji se opet nalaze sjedinjeni sa svojim snagama (Šakti) personificiranima u vidu boginja. Pri tome se, opet, na temeljnoj razini nipošto ne radi o politeizmu tri različita božanstva koja predsjedavaju kozmičkim funkcijama što održavaju cikluse Svemira, budući da se Brahma, Višnu i Šiva u konačnici rastvaraju u jednom vrhovnom i apsolutnom božanstvu (koje se pak, ovisno o konkretnom kultu, uglavnom shvaća kao Šiva ili Višnu, ujedno čineći jedinstvo sa svojom Šakti). Zanimljivo je istaknuti da u kasnijoj, ne samo konceptualno nego i kvantitativno veoma bogato razrađenoj, kozmologiji Purana čitava evolucija Svemira ne slijedi samo jedan ciklus stvaranja i uništenja, već se radi o čitavom nizu ciklusa koji se nalaze koncentrično postavljeni jedni u druge. Na taj način, takva slika ostvaruje kako korespondenciju među različitim razinama postojanja, tako i strogo postavljenu kozmičku hijerarhiju bića. Primjerice, počevši od temeljne jedinice koju čini vrijeme potrebno za treptaj oka, dolazimo nizom prijelaznih jedinica vremena do dana povezanih u mjesec koji se dijeli na period rasta i opadanja Mjeseca. Jedan mjesec u svijetu ljudi čini jedan dan u svijetu predaka – čime se očito iskazuje veoma stara mitološka veza između mjesečevih mijena i besmrtnosti, odnosno obnavljanja života u lunarnim kultovima. Godina u svijetu ljudi se opet sastoji od dva dijela - očito povezanih s jačanjem i opadanjem Sunca u toku godine, pri čemu oba dijela čine jedan dan i noć u svijetu bogova, dok 360 ljudskih godina čini jednu božansku godinu. 12 000 godina i prijelazni period između svakog doba čini razdoblje od četiri yuge, dok tisuću yuga čini kalpu koja predstavlja dan Brahme; nadalje se dan Brahme produžuje u godine Brahme koje ispunjavaju njegov čitav život, koji pak predstavlja samo jedan dan Višnua, čiji cjelokupni životni vijek čini samo jedan dan Šive [11]. Očito je da u ovoj slici ne postoji samo jedan tip uništenja i stvaranja, nego čitav niz koncentričnih ciklusa čiji obuhvatniji elementi podrazumijevaju uništenje svih nižih struktura, sve dok na najvišoj razini ovih ciklusa, u kozmičkoj noći, ne budu uništeni svi svjetovi i bogovi, koji se onda opet po odgovarajućoj hijerarhiji stvaraju početkom kozmičkog dana: *The subjects, the Prajapatis (Brahme), the three deities, gods, Asuras (demoni), the sense-organs, the sensual objects, the five great elements, the subtle and gross elements, the cosmic Intellect, the deities, all these abide during the day of the self-possessed Paramesvara (Šiva). They get dissolved at the end of the day. At the end of the night again begins the origin of the universe.* [11]. Indijska filozofija, uključujući i ne-ortodoksne škole đainizma i budizma, u svome će se razvoju prvenstveno orijentirati prema epistemološkim, metafizičkim kao i praktičnim pitanjima ljudskog oslobođenja, u pravilu pretpostavljajući ovakvu mitološku cikličku kozmologiju kao ispravan opis svijeta

na fenomenološkoj razini, ali prije svega nastojeći ostvariti dosezanje jedinstva s Apsolutom, a time i nadilaženje ove sfere ciklične promjene.

Završavajući dio poglavlja namijenjen kratkom pregledu ideja o cikličkom Svemiru u mitološkom mišljenju, potrebno je dati kratki osvrt na njihov smisao i relevantnost. Misao našeg vremena, koja siguran temelj znanja vidi u metodama razuma i pristupu empirijskih znanosti, sklona je da, po kratkom postupku, otpiše sve ovakve predstave kao izraz nerazvijenosti mišljenja prošlih vremena ili u najboljem slučaju zabavni kuriozitet. Takvim stavom se nažalost gubi veoma mnogo. Svakako stoji da mitološke slike ne mogu nikako služiti u svrhu dobivanja uvida o empirijskom znanju ili pak u svrhu izgradnje misaonog sustava utemeljenog na logičkom mišljenju. Međutim, navedeno nipošto ne može oduzeti sav značaj simboličkom mišljenju, koje se temelji na traganju za skrivenim korespondencijama između različitih razina postojanja, često u poetskoj viziji intuitivno naslućujući ono što racionalno znanje još uvijek nije u stanju izraziti. Njegova se važna uloga sastoji u tome da nam pomakne granice imaginacije i dovede u pitanje uobičajene pretpostavke koje razum poduzima u svrhu istraživanja svijeta, na taj način otvarajući nove prostore mogućnosti. Osim toga, zaista kritična i reflektivna misao nastoji zahvatiti čitav svoj razvoj u vidu misaone baštine čovječanstva, u svim formama tražeći inspiraciju za svoj daljnji razvoj, ne srameći se niti povratka na svoje početke – jer dobro zna da se u takvim istraživanjima može ponovno naići na ono što se zaboravilo ili pristupiti putevima i rješenjima koja su se u međuvremenu izgubila iz vida. Istraživanje mitoloških ideja o cikličkom Svemiru nam pokazuje da je ova koncepcija jedna od univerzalnih datosti čitavog čovječanstva, koja se spontano pojavila u praktički svim kulturama. Navedeno se očito ne može iskoristiti u svrhu nekakvog dokazivanja ispravnosti ove ideje, ali umjesto toga ukazuje na to koliki je njezin značaj u temeljnom odnosu ljudske svijesti prema Prirodi. Osim toga, čini se da nam taj univerzalni mit o cikličnosti želi poručiti kako se periodični ciklusi pojavljuju kao obilježje svih tipova pojava s kojima se svakodnevno suočavamo, a koje omogućavaju postojanje svijeta na način koji nam je poznat. U skladu s time – budući da se Svemir pojavljuje već u svome pojmu kao jedinstvo i red, te da se opći principi njegovog funkcioniranja jednako pojavljuju na svim razinama i u svim sustavima – taj nas uvid tjera na zamisao da i čitav Svemir, baš kao i pojave u njemu, treba biti cikličan. Naravno, s logičke točke gledišta se može odgovoriti da se obilježja jedne klase pojava nikako ne mogu automatski pripisati široj klasi: ako je niz značajnih pojava u Svemiru cikličan, odatle ne slijedi nužno da je i sam Svemir cikličan. Odgovor na ovu primjedbu tjera nas van okvira mitološke kozmologije, u otvoreno istraživanje ovog pitanja u okvirima sinteze filozofije

i fizike, odnosno filozofije prirode, koje je još daleko od svog kraja (mogli bi štoviše reći kako u pravom smislu riječi nije ni započelo). No, već se i sada možemo pitati: nije li upravo čitav razvoj našeg znanja o Svemiru, od predstava Aristotela pa do ideja Giordana Bruna i otkrića Kopernika i Galileja, sve do Hubblea i Friedmanna, potvrđivao univerzalnost i jedinstvenost principa Prirode, neraskidivu vezu različitih skala, kao i harmoniju dijela i cjeline?

2.2 Filozofske ideje o cikličkom Svemiru

Vjerojatno najranije pojavljivanje cikličkog Svemira kao potpuno razvijenog filozofskog koncepta javlja se u okviru kineske filozofije. Slično kao i u indijskom mišljenju, ideja o cikličnosti postojanja nije vezana samo uz jednu filozofsku školu, već predstavlja širi okvir promišljanja Prirode, koji potječe još iz perioda mitološkog mišljenja. Međutim, posebno je važnu ulogu ciklička kozmologija igrala u ranoj školi yin-yang, koja se razvila iz drevnih kineskih tradicija proricanja i okultnih vještina. Pokušaji proricanja bili su zapravo primjer prvih nastojanja usmjerenih prema predviđanju pojava u svijetu. Takvi su pokušaji stavili naglasak na uočavanje prirodnih obrazaca, kao i njihovog periodičkog smjenjivanja, što je posljedično omogućavalo i određenu mogućnost predviđanja događaja. U tom pogledu, posebno se važnom za daljnji razvoj škole yin-yang pokazala mnogo starija Knjiga promjena (I Ching), koja je okolnosti života i njihove transformacije opisivala putem odnosa između proturječnih i međusobno neraskidivo vezanih tendencija yin-a i yang-a: točnije, različitim konfiguracijama linija koje su predstavljale yin i yang u okviru njihovih trostrukih kombinacija (trigrama), pri čemu su se dva trigrama spajala u heksagrame. Interpretacija i komentari takvih simboličkih uzoraka snažno su utjecali na ideje škole yin-yang, kao i na razvoj taoističke i konfucijanske škole. Također, dvije potonje škole, a posebno taoisti, u svom su daljnjem razvoju usvojile mnoge koncepcije škole yin-yang, uključujući i razne elemente njezine kozmologije. Pojmovi yang i yin prvobitno su označavali svjetlost i njezin izostanak, odnosno svjetlu stranu planine i mračnu stranu rijeke, no ubrzo su počeli označavati arhetipski izraz dviju temeljnih kozmičkih tendencija: yang je označavao ono aktivno, evoluciju, čvrsto, svjetlo itd., a yin ono pasivno, involuciju, mekoću, tamu itd. Shvaćalo se da se ove dvije temeljne oprečne tendencije nerazdvojno nalaze u svim stvarima, relativno određujući onu drugu, neprekidno se sukobljavajući i time ostvarujući harmoniju, te štoviše prelazeći jedna u drugu. Postojanje svih stvari, kao i Prirode u cjelini, se u skladu s time shvaćalo kao ciklus promjena yina i yanga i njihov međusobni prijelaz: iz perioda minimalnog yanga i maksimalnog yina, u period jačanja yanga i smanjivanja yina, mak-

simuma yanga i minimuma yina, te konačno opadanja yanga i jačanja yina, koje vodi na početak novog ciklusa. Teorija takvih cikličkih mijena u okviru škole yin-yang dodatno je razvijana i unutar koncepcije o pet principa. Prema ovoj koncepciji osim yin-yanga kao primarnih kategorija, pojave u Prirodi dodatno određuje dinamizam pet principa: drva, vatre, zemlje, metala i vode. Premda se za ovih pet principa, koji se nazivaju wuxing, u prijevodima na europske jezike ustalio termin "pet elemenata" treba posebno istaknuti kako se ovdje nikako ne radi o elementima u smislu građevnih jedinica materije, već o dinamičkim kategorijama koje zapravo opisuju relativne odnose među pojedinim fazama ciklusa. Kao i u ranijoj mitološkoj misli i ovdje je smjena godišnjih doba i njihovo cikličko vraćanje postalo standardom za izučavanje cikličkih pojava uopće, a time i čitave Prirode. U skladu s time, ovih pet principa istovremeno predstavlja momente u kretanju godine, kao i opće aspekte odnosa faza nekog procesa, odnosno dijelova prema cjelini. Drvo odgovara proljeću, ili uopće početnoj fazi pokretanja ciklusa, vatra ljetu ili dosezanju maksimuma određenog procesa, metal jeseni ili fazi stagnacije, dok voda odgovara zimi ili općenito najnižem stadiju nekog procesa, nakon kojega se prelazi u novi ciklus. Zemlja, pak, ovisno o detaljima tumačenja, odgovara središnjem dijelu ljeta ili završnom periodu svakog od razdoblja. Posebno su se važnima smatrali tipovi međusobnih odnosa u koje ulaze ovih pet principa, a koji su mogli biti podupirući (kao primjerice drvo-vatra) ili antagonistički (kao primjerice vatra-voda) te su se, u skladu s time, svrstavali u ciklus stvaranja i ciklus uništavanja. Prvo pojavljivanje ovih pet principa, kojima se nastojalo objasniti sve pojave - od kretanja neba, preko ljudskog tijela i njegovog liječenja pa do smjene dinastija - čini se da se po prvi puta pojavljuju u djelu Hung Fan, koje vjerojatno datira iz 4. ili 5. stoljeća prije naše ere, dok je možda najvažnije doprinose u njezinoj kasnijoj razradi pružio Tsou Yen [12]. Posebna zanimljivost ovih razmišljanja proizlazi iz toga što se na taj način nastoji doći do razumijevanja temeljnih obilježja svakog cikličkog procesa. U skladu s time, općenite faze modela cikličkog Svemira u suvremenoj fizikalnoj kozmologiji, o kojima ćemo govoriti u poglavlju 3. i 4. ovog rada, zapravo se lako uklapaju u ovih pet kineskih principa: početak kozmičkog ciklusa, koji označava izlaženje iz stanja minimalne vrijednosti faktora skale, odgovarao bi drvu, kasnija faza širenja Svemira odgovarala bi vatri, faza skupljanja metalu, približavanje minimalnoj vrijednosti faktora skale vodi, a faza oko maksimalne vrijednosti faktora skale zemlji.

Možemo reći da u Zapadnoj filozofiji ideja cikličnosti svijeta po prvi puta zauzima temeljno mjesto u filozofiji Heraklita iz Efeza. Svemir je po Heraklitu vječna Vatra (Pyros), koja se periodički pali i gasi (Heraklitov fragment broj 20) [13]. Čini

se da je Heraklit, koristeći simbolizam Vatre za ono Jedno, želio istaknuti da se svijet održava kao jedinstvo samo kroz stalnu promjenu, kao što pojava vatre postoji samo kroz gorenje i neprestane promjene svojih oblika. Ideja da se vječna Vatra s mjerom pali i smjerom gasi nipošto se ne bi smjela shvatiti kao neka misaona proizvoljnost, već se nalazi u najužoj vezi s ostatkom Heraklitove filozofije. Heraklit je dubokim mišljenjem našao da se odnos između proturječnosti nalazi u svakoj stvari (npr. fragmenti 45, 50, 56, 57, 69, 81) shvatio je kako je upravo taj odnos ono što omogućava postojanje svake stvari kroz jedinstvenu harmoniju (npr. fragmenti 31, 43, 44, 46, 56, 59, 60, 62) te kako se, štoviše, u Prirodi zbiva stalna mijena između parova suprotnosti (npr. fragmenti 25, 36, 39, 40, 67, 68). Čitav Svemir stoga u Heraklitovoj misli, kao ono što u sebi obuhvaća obilježja svih pojedinačnih stvari i njihovih promjena, odražava u svom postojanju takvo smjenjivanje suprotnosti. Stoga, kao što se od života prelazi u smrt, iz sna u budnost, iz suhoga u vlažno itd. - i obrnuto, tako i čitav Svemir prelazi iz manifestiranog (Vatra koja je upaljena) u nemanifestirano stanje (Vatra koja je ugašena), odnosno Svemir je Vatra koja se pali i gasi. Pri tome se to paljenje i gašenje zbiva s mjerom - jer, kao što se sukobom između oprečnih tendencija kod pojedinačnih pojava zapravo postiže sklad (kao kod muzičkih instrumenata, gdje je skladan ton rezultat sukoba između natezanja žice i njezine unutarnje težnje da se vrati u ravnotežu), tako se po Heraklitu jedinstvo čitavog svijeta kroz sukob ostvaruje kao sklad, odnosno mjera. U Heraklitovom mišljenju vidimo stoga inovativnu filozofsku razradu uvida koji su se pojavili već u fazi mitološkog mišljenja, koje smo prikazali ranije prilikom diskusije o vedskoj kozmologiji. Heraklitova filozofija također pokazuje usku vezu u odnosu na pristup i rezultate škole yin-yang, kao i kasnije taoističke misli. Ove su tradicije mišljenja, ne samo nezavisno već i u okviru različitih civilizacija, došle do zajedničkog uvida o postojanju kao komplementarnom odnosu među proturječnostima i harmonije kao izraza te njihove istovremene sukobljenosti i uslovljenosti. Iz tih zaključaka je onda prirodno proizašao uvid o cikličnosti u postojanju stvari i Svemira kao cjeline, koji predstavlja potpuni izraz navedene harmonije.

Empedoklova vizija kozmičkih ciklusa iskazana je prilično eksplicitno u njegovom fragmentu broj 17 [14]. Prema tom fragmentu, u postojanju svijeta ističu se dva specifična trenutka: prelaska iz mnoštva u jedno i prelaska iz jednog u mnoštvo, koji su povezani sa stvaranjem i uništavanjem. Ljubav (Philotes) je pri tome naziv za onaj princip koji stvari dovodi u jedinstvo, a Razdor (Neikos) za težnju koja ih razdvaja. U stadiju koji prethodi jačanju principa Razdora, dakle u nemanifestiranom stanju, četiri Korijena (Rizomata) tj. elementa (zemlja, zrak, vatra, voda) su međusobno povezani u sferu putem Ljubavi, koja se nalazi u njihovom

središtu. Jačanje Razdora odvaja Korijene jedne od drugih, time stvarajući mogućnost za postepenu evoluciju. Konačno, ponovno jačanje Ljubavi na kraju ove faze vodi natrag u nemanifestirano stanje i ciklus započinje ponovno. Slična ideja o stvaranju kao posljedici narušavanja ravnoteže između temeljnih principa, te nemanifestiranom stanju kao njihovoj ravnoteži, pojavljuje se i unutar indijske škole samkhya, u pogledu odnosa tri atributa (gune) koji odlikuju materijalnu prirodu (prakriti). Vidimo da su kozmološke ideje Empedokla također usko vezane uz ranije diskutirane koncepcije Heraklita i škole yin-yang, kojima se ciklička kozmologija uspostavlja kroz odnos između proturječnih tendencija. Slijedeći sličan misaoni put, Empedoklo je uveo dodatnu podjelu između materijalnih korijena stvarnosti - zemlje, zraka, vatre i vode - te oprečnih tendencija Ljubavi i Razdora koje djeluju na njih, a koje su primjerice unutar škole yin-yang bile obuhvaćene u istom pojmu.

Ciklički Svemir je također imao važnu ulogu u filozofiji pitagorejske škole, posebno kod Filolaja. Shvaćajući Svemir kao matematički organizirani red, pitagorejci su pristupili opisu Svemira putem broja i geometrijskih oblika. Filolajev model Svemira podrazumijevao je kruženje Sunca i planeta oko središnje vatre po strogim kružnicama. Čini se da je ovakav kružni tip kretanja nebeskih tijela doveo do ideje o kružnoj prirodi vremena. To je izraženo u ideji o Velikoj godini – vremenu koje je potrebno da se svi planeti nađu na istoj poziciji. Kraj Velike godine bio je u predodžbama pitagorejske škole povezan s novim početkom kozmičkog ciklusa, pri čemu su se takvi ciklusi beskonačno ponavljali. Ideja Velike godine je kasnije snažno utjecala na stoike i njihovo shvaćanje cikličnosti Svemira. Pod utjecajem kako ovih pitagorejskih ideja o Velikoj godini, tako i Heraklitove filozofije, stoička se kozmologija zasnivala na ideji o vječitim ciklusima Svemira, kao i uništenju Svemira na kraju svakog ciklusa u vatri, ekpyrosis. Ekpyrosis tako uništava čitav svijet kako bi se pročistio te pripremio za obnovu koja nastupa početkom novog ciklusa. Pod utjecajem ovih stoičkih i neopitagorejskih predodžbi, ideje o cikličnosti svijeta široko su se proširile čitavim rimskim svijetom u prvom i drugom stoljeću prije nove ere.

Premda je židovsko-kršćanska tradicija, koja će u narednim tisućljećima zavladati mišljenjem Europe, stariju predodžbu cikličnosti Prirode zamijenila paradigmom linearnog vremena, koje započinje božanskim stvaranjem svijeta, a završava (prvim ili drugim) dolaskom mesije, ona je u nizu svojih predodžbi, poglavito onima vezanima uz apokalipsu i kraj svijeta, očigledno bila pod utjecajem ranije prikazanih ideja vezanih uz cikličku kozmologiju (za detalje vidjeti [9]). Konačno, vizija Svemira klasične mehanike, u osnovi utemeljena na pretpostavkama meha-

nicističkog materijalizma, u opreci spram ovih gledišta postavila je sliku nepromjenjivog Svemira, koja je odbačena tek u toku prošlog stoljeća.

Nažalost, u periodu razvijanja kozmologije kao empirijske znanosti i utvrđivanja dinamičkog karaktera Svemira, filozofija se već nalazila odavno odvojena od empirijskih znanosti. Zbog toga je, u pravilu, izostalo ozbiljno ispitivanje ovih problema u pristupu koji mora biti nužno obilježen kako spekulativnom, tako i empirijsko-znanstvenom širinom, te se stvar još uvijek nažalost uglavnom svodi na brzopleto nabacivanje impresija koje se dobivaju na temelju jednadžbi i statističke analize podataka. Takve impresije su u pravilu snažno uvjetovane kulturološkim predrasudama. Razvijanje discipline koja bi pitanju spoznaje Svemira u cjelini pristupila na kritički i opći način, a unutar koje je jedino moguće razviti potpunu suvremenu koncepciju cikličkog Svemira u svim fizikalnim i filozofskim implikacijama, te je usporediti i sukobiti s drugim alternativama, stoga još uvijek ostaje zadatak za budućnost.

3 Općeniti fizikalni opis cikličkog Svemira

Cilj naredna dva poglavlja ovoga rada je dati diskusiju o mogućnosti opisa cikličkog Svemira na temelju metoda i pretpostavki suvremene fizikalne kozmologije. Time našu diskusiju o cikličkom Svemiru, koja je do sada obuhvatila raspravu o aktualnosti cikličke slike Svemira na konceptualnoj razini (poglavlje 1) te kratki pregled predodžbi o cikličkom Svemiru u povijesti mišljenja čovječanstva (poglavlje 2) završavamo pregledom općenitih metoda fizikalnog modeliranja cikličkog Svemira (poglavlja 3 i 4), prikazujući prvenstveno nove rezultate originalno objavljene u radovima [7] i [15]. Pri tome smo prvenstveno zainteresirani za opća svojstva cikličkog Svemira i pronalaženje nužnih uvjeta za njegovo ostvarivanje koji moraju biti ispunjeni bez obzira na specifični kontekst pojedinih modela. Smatramo da je takav općeniti pristup naročito potreban u postojećoj situaciji kada još uvijek ne znamo kako se od klasične opće teorije relativnosti približiti kvantnoj gravitaciji kao potpunijoj teoriji gravitacije. Paradigma cikličkog Svemira ne bi smjela postati žrtvom niti konzervativizma i našeg neznanja gravitacije na visokim energijama i prirode tamne energije, a niti maštovitih proizvoljnih hipoteza s druge strane. Iz tog razloga ne ulazimo u prikaz nekih veoma specifičnih cikličkih modela realiziranih na temelju niza dodatnih hipotetičnih i često nemotiviranih ili problematičnih pretpostavki, već se posvećujemo pitanju općeg fizikalnog modeliranja cikličkog Svemira koje je u skladu sa znanjem koje trenutno posjedujemo.

3.1 Metrika i materija

Fizikalna kozmologija svoj pristup u opisu Svemira zasniva na načelima opće teorije relativnosti. U tom smjeru kreće poimanje Svemira fizikalne kozmologije, polazeći od metrike koja predstavlja dinamički entitet samog prostorvremena. Prvobitna pretpostavka o Svemiru standardnog kozmološkog modela jest da je on homogen i izotropan, te taj princip određuje metriku koju pišemo

$$g_{\mu\nu} = \text{diag}\left(-1, \frac{a(t)^2}{1-kr^2}, a(t)^2 r^2, a(t)^2 r^2 \sin^2 \theta\right), \quad (1)$$

gdje tako definiranu metriku zovemo Friedmann-Lemaitre-Robertson-Walker-ovom (FLRW) metrikom. Funkciju $a(t)$ koja je ovisna o vremenu zovemo faktor skale. Uz to, faktor $k = \pm 1$ ili $k = 0$ određuje globalnu zakrivljenost Svemira, pa tako za $k = 0$ on je ravan, $k = +1$ kažemo da ima pozitivnu zakrivljenost, a $k = -1$ negativnu zakrivljenost. Za sve vrijednosti k Svemir je beskonačan, osim u slučaju $k = +1$ kada je on konačan. U konstrukcijama konkretnih modela usredotočit ćemo se na $k = 0$, odnosno na ravan Svemir. Razlog tomu je što su trenutačna opažanja u skladu s tom pretpostavkom, iako se i iz drugih načela i simetrija može naslutiti kako bi Svemir trebao biti globalno ravan. S druge strane, materiju koja prožima cijeli svemir možemo matematički predstaviti kao idealni fluid, čiji je tenzor energije i impulsa dan kao

$$T^{\mu\nu} = (\rho + p)u^\mu u^\nu + pg^{\mu\nu}, \quad (2)$$

gdje je ρ gustoća energije fluida, p tlak fluida, a u_μ su normirane četverobrzine za koje vrijedi $u^\mu u_\mu = -1$. Tenzor energije i impulsa je sačuvana veličina, u smislu što je kovariantna derivacija nula

$$\nabla_\mu T^{\mu\nu} = 0, \quad (3)$$

iz čega proizlazi jednačba kontinuiteta

$$\frac{d\rho}{dt} + 3H(t)(\rho + p) = 0, \quad (4)$$

gdje je $H(t)$ Hubbleov parametar, koji općenito ovisi o vremenu, te je dan kao $H(t) = \dot{a}/a$, a točka iznad funkcije označava derivaciju po vremenu $\dot{a} = da/dt$.

3.2 Jednadžbe gibanja

U prethodnom poglavlju uvedena je metrika kao pozornica po kojoj se materija kreće, kao i materija koja određuje strukturu prostorvremena. Međutim, dinamika prostorvremena i materije ovisi o konkretnom modelu (teoriji) koju razmatramo. Opća teorija relativnosti je dana Einstein-Hilbertovom akcijom

$$S_{EH} = \frac{1}{2\kappa} \int \sqrt{-g} R d^4x, \quad (5)$$

gdje je $\kappa = c^4/8\pi G$, R je Riccijev skalar, a $\sqrt{-g}d^4x$ je vlastiti volumen. Varijacija gornje akcije po metrici nam daje jednadžbe gibanja koje zovemo Einsteinovim jednadžbama

$$G^{\mu\nu} \equiv R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg^{\mu\nu} = 0, \quad (6)$$

gdje $R^{\mu\nu}$ nazivamo Riccijevim tenzorom – koji opisuje prostorvremensku zakrivljenost, a $G^{\mu\nu}$ Einsteinovim tenzorom. Gornja jednadžba daje nam opis praznog gravitacijskog polja, bez materije-energije. Stoga je desnoj strani jednadžbe potrebno dodati doprinos materije kako bi imali potpunu jednadžbu. U tzv. minimalnom vezanju gravitacije i materije jednadžbe gibanja se vežu uz prostorvrijeme na način

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg^{\mu\nu} = \kappa T^{\mu\nu}, \quad (7)$$

gdje je lijeva strana jednadžbe dana prostorvremenskim poljima, a desna strana raspodjelom masa, energija i tlakova materije. U tom smislu govorimo o tome kako materija određuje (zakrivljuje) prostorvrijeme svojom prisutnošću, a s druge strane prostorvrijeme određuje kretanje materije. Promotrimo sada radi jednostavnosti za trenutak kozmološki model koji opisuje Svemir kao ispunjen kozmičkom prašinom (potpuno nezavisnim česticama). U tom slučaju vrijedi $p = 0$. Uvrstimo li s lijeve strane FLRW metriku, a s desne model idealnog fluida, dan s jednadžbom (2), dobivamo poznate jednadžbe koje nazivamo Friedmannovim jednadžbama

$$\frac{\dot{a}^2 + kc^2}{a^2} = \frac{8\pi G\rho}{3}, \quad (8)$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}\left(\rho + \frac{3p}{c^2}\right), \quad (9)$$

gdje $\dot{a} = da/dt$ označava derivaciju po vremenu, a $\ddot{a} = d^2a/dt^2$ drugu derivaciju po vremenu. U svrhu konstruiranja cikličkog Svemira vidimo vrlo brzo da ako je

ρ konstanta, jednađzba (9) poprima oblik

$$\ddot{a} + \omega^2 a = 0, \quad (10)$$

gdje je $\omega^2 = 4\pi G\rho/3$, te je rješenje takve jednađzbe

$$a(t) = A \sin(\omega t + \phi). \quad (11)$$

Kako bi dobiveno rješenje bilo konzistentno s (8) dobivamo uvjet $k > 0$, kao i $k > \omega^2 a^2$. Drugim riječima, samo za konačan Svemir (pozitivne zakrivljenosti) možemo dobiti cikličko ponašanje funkcije skale $a(t)$. Osim tog ograničenja, također dobivamo singularno ponašanje $a(t)$ koji za neke t poprima nulu, kao i negativne vrijednosti koje nemaju fizikalnog smisla. Naravno, u ovom prikazu upitna je i smislenost pretpostavke o konstantnosti gustoće ρ . Do ovakvog tipa rješenja je došao već i Tolman [16, 17], doduše u nešto izmijenjenom obliku, te je njegov rad predstavljao jedan od prvih pokušaja konstrukcije cikličkog Svemira u kontekstu fizikalne kozmologije.

Međutim, nedavno je otkriveno kako se Svemir ubrzano širi [18], iz čega je proizašla potreba modifikacije Einsteinovih jednađzbi (7) na način što je dodana kozmološka konstanta Λ koju često zovemo i energijom vakuuma. Tada jednađzba postaje

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg^{\mu\nu} + \Lambda g^{\mu\nu} = \kappa T^{\mu\nu}, \quad (12)$$

te je formalno dobiven učinak ubrzanog širenja Svemira jer za zadanu FLRW metriku faktor skale se eksponencijalno širi u vremenu kao $a \sim e^{\Lambda t/3}$. Ovaj rezultat se danas smatra temeljem Λ CDM kozmologije gdje Λ označava tamnu energiju, a CDM (Cold Dark matter) hladnu tamnu materiju. Taj rezultat je u mnogočemu nezadovoljavajuć, ponajprije zbog nemotiviranog uvođenja članova „neobične” materije koja ovdje stoji samo kako bi zadovoljila trenutna opažanja, a da ne govorimo o ogromnom odstupanju od energije vakuuma ρ_{vac} , dobivene iz principa kvantne teorije polja, i kozmološke konstante Λ koje se razlikuju za 120 redova veličine [19]. Problem početne singularnosti, kao i cikličnosti u Λ CDM modelu je također nejasan, a njen odnos s potencijalnim kvantnim teorijama gravitacije nije razmotren, s obzirom da se valjanost opće teorije relativnosti u tom modelu uzima kao zadana.

Svi ovi problemi, a posebno problem singularnosti te razdvojenost opće teorije relativnosti od kvantne mehanike, ukazuju na to da treba razmotriti modificiranu teoriju gravitacije, koja je ujedno poopćenje opće teorije relativnosti,

kao i put prema kvantnoj gravitaciji. U kontekstu diskusija prikazanih u prvom poglavlju, možemo očekivati da ćemo upravo u takvom okviru efektivnih teorija usmjerenih prema kvantnoj gravitaciji moći postići fizikalne uvjete potrebne za ostvarenje cikličkog Svemira. Navedeno ćemo strogo dokazati u raspravama koje slijede.

3.3 Dinamička analiza cikličkog Svemira

Poznato je da se kompleksniji problemi, odnosno kompliciranije diferencijalne jednačbe, mogu analizirati preko formalizma tzv. dinamičkih sustava. U takvoj analizi najčešće ne možemo doći do samog rješenja diferencijalnih jednačbi, no ipak možemo doći do kvalitativnog opisa ponašanja rješenja tih diferencijalnih jednačbi. U kozmologiji, pogotovo u modificiranim kozmološkim jednačbama, javljaju se vrlo kompleksne diferencijalne jednačbe, te je jedna od korisnih metoda upravo analiza dinamičkog sustava kozmoloških jednačbi gibanja.

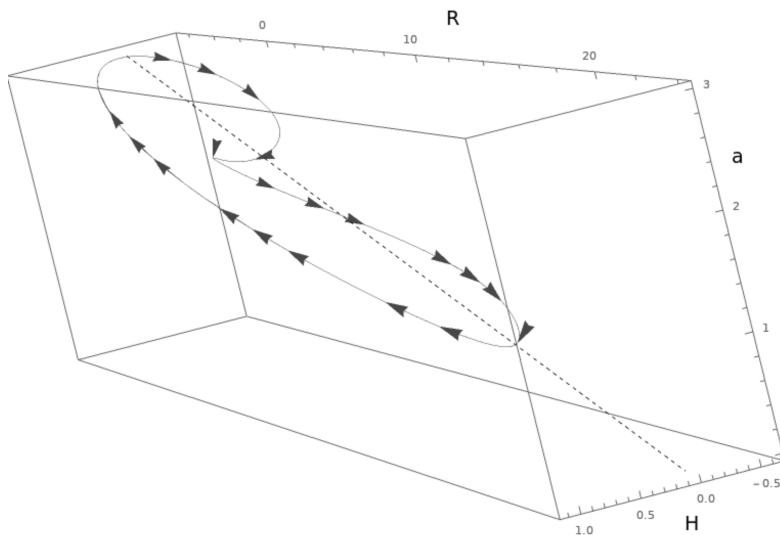
U skladu s rečenim, u pokušaju proučavanja cikličkih modela vrlo je elegantno koristiti takvu analizu, gdje je dovoljno pokazati cikličko ponašanje rješenja jednačbi gibanja, bez da se jednačbe gibanja analitički riješe. Konkretno, u općenitoj analizi modela cikličkog Svemira koristit ćemo konfiguracijski prostor tri parametra: faktor skale a , Hubbleov parametar H kojeg tumačimo kao parametar širenja i skupljanja, te Riccijev skalar R koji je mjera zakrivljenosti. Također, Riccijev skalar će opisivati režim zakrivljenosti odnosno energije, s obzirom da na visokim zakrivljenostima očekujemo da opća teorija relativnosti ne vrijedi zbog očekivanih kvantnomehaničkih učinaka. Nadalje, zahtijevamo da su parametri a , H i R uvijek konačni i dobro definirani kroz cijelu kozmološku epohu. U skladu s posljednjim zahtjevom pokazuje se nužnost modifikacije jednačbe opće teorije relativnosti – budući da se u standardnoj općoj teoriji relativnosti zbiva divergencija funkcija R i H u $a = 0$, te stoga uvodimo općenitu funkciju, $g(a, H, R)$, koja efektivno predstavlja modifikaciju opće teorije relativnosti na razini jednačbi gibanja. Time dobivamo iz (1) dinamički sustav [15]

$$\dot{a} = aH \tag{13}$$

$$\dot{H} = \frac{1}{6}(R - 12H^2) \tag{14}$$

$$\dot{R} = g(a, H, R), \tag{15}$$

gdje je $g(a, H, R)$ općenita funkcija koja ovisi o konkretnom teorijskom modelu modificirane teorije gravitacije. S obzirom da postoji čitav niz predloženih modifikacija opće teorije relativnosti, gornja analiza time predstavlja vrlo općenit put prema kategorizaciji teorija koje sadrže u sebi mogućnost cikličkog Svemira, zadržujući svojstva koja takvi modeli moraju imati. Kako bi svi parametri bili konačni te kako bi predloženi dinamički sustav uistinu opisivao ciklički Svemir, faktor skale mora biti ograničena funkcija koja poprima svoju minimalnu i maksimalnu vrijednost od $a(t) = a_{min} > 0$ do $a(t) = a_{max}$. Također, dinamički sustav mora biti zatvoren, kako bi prikazivao periodički ciklički Svemir. Treba napomenuti kako su u načelu mogući i općenitiji modeli ne-periodičkog cikličkog Svemira, u kojima su detalji skupljanja i širenja različiti u svakom ciklusu, no takvim modelima se zbog jednostavnosti nećemo baviti na ovome mjestu. Primjer dinamičkog sustava (faznog portreta) jednog takvog cikličkog Svemira možemo vidjeti na slici 1. Dvije vrlo važne točke u faznom portretu cikličkog Svemira su točka u kojoj faktor



Slika 1: Na slici je prikazan fazni portret cikličkog Svemira gdje su varijable dane faktorom skale a , Hubbleovim parametrom H i Riccijevim skalarom R . Strijelica prikazuje smjer evolucije Svemira, a iscrtkana linija predstavlja pravac u kojem je $H = 0$, točke u kojima dani pravac presijeca evoluciju Svemira su točke obrata.

skale poprima svoju najmanju vrijednost i točka u kojoj on poprima maksimalnu vrijednost. Točku u kojoj je faktor skale u minimumu nazivat ćemo točkom Velikog odboja, a ona kojoj je faktor skale maksimalan nazivat ćemo „točkom obrta”.

Za obje točke vrijedi uvjet da je $H = 0$, što slijedi iz definicije Hubbleovog parametra, $H = \dot{a}/a$, gdje je vidljivo da on ovisi o vremenskoj derivaciji faktora skale, pa je iz teorema poznatih iz matematičke analize dovoljno da \dot{a} bude nula kako bi govorili o kandidatima za maksimum i minimum funkcije $a(t)$. Time nam je koristan pravac $H = 0$ koji odjeljuje fazu u kojoj se Svemir skuplja $H < 0$ i širi $H > 0$. Općenito, broj točaka obrta i Velikog odboja može biti proizvoljno velik, ipak iz razloga jednostavnosti usredotočit ćemo se na samo jednu točku obrta i jednu Velikog odboja u toku jednog ciklusa. U fazi velikog odboja očekujemo da je skalar zakrivljenosti (Riccijev skalar) maksimalan. Tu pretpostavku je prirodno postaviti uzmemo li u obzir da je u točki Velikog praska, u standardnoj kozmologiji, skalar zakrivljenosti beskonačan - te da se stoga povećava što joj se više približavamo. U istoj fazi vrijedi i $\dot{H} > 0$ te $\ddot{H} = 0$ ako se radi o maksimumu Riccijevog skalara. Gornje uvjete dobivamo iz jednadžbe (14)

$$\dot{H} = \frac{1}{6}(R - 12H^2) \implies \dot{H} \sim R, \quad \text{uz } H = 0, \quad (16)$$

a posljednji uvjet dobivamo deriviranjem jednadžbe (14) po vremenu

$$\ddot{H} = \frac{1}{6}(\dot{R} - 24H\dot{H}), \implies \ddot{H} = 0, \quad \text{uz } \dot{R} = 0, \quad H = 0, \quad (17)$$

gdje je korišten uvjet maksimalne vrijednosti Riccijevog skalara $\dot{R} = 0$ i $H = 0$ jer se radi o točki minimuma faktora skale. Ukratko možemo opisati evoluciju svake epohe na sljedeći način.

Svaki ciklus kreće od minimuma faktora skale $a(t_{odboj}) = a_{min}$, maksimuma zakrivljenosti $R(t_{odboj}) = R_{maks}$ i $H = 0$, nakon toga slijedi faza širenja za koju vrijedi $\dot{H} > 0$, $\dot{a} > 0$ te $\dot{R} < 0$. Nakon širenja Svemira slijedi točka u kojoj faktor skale postiže svoju maksimalnu vrijednost a_{maks} , gdje je također $H = 0$, te tu točku nazivamo točkom obrta. Sada smo u fazi skupljanja Svemira $H < 0$, Svemir se skuplja do minimuma faktora skale a_{min} u kojem se događa Veliki odboj, te se ti ciklusi nastavljaju odvijati beskonačno mnogo puta. Zanimljivo je što iz gornjih razmatranja možemo postaviti neke općenite uvjete nad funkcijom $g(a, H, R)$. Ta funkcija je određena teorijskim modelom, te postavljanje uvjeta nad funkcijom $g(a, H, R)$ znači i postavljanje ograničenja za mogućnost ostvarivanja cikličkog Svemira u takvim teorijama. Neka od tih ograničenja je moguće iskazati sljedećim teoremima, koji su prvi puta predloženi, detaljno diskutirani i primijenjeni na niz konkretnih modela u radu [15]: Pretpostavimo da je neka gravitacijska teorija određena funkcijom $g(a, H, R)$, koja vodi na dinamički sustav (13)-(15) koji je invarijantan s obzirom na transformaciju $g(a, H, R) = -g(a, -H, R)$. Ako $a^*, H^* = 0$ i

$R^* = 0$ određuje centar, određen linearnom teorijom stabilnosti, tada postoji neiščezavajuća okolina oko te točke za koju sve putanje unutar te okoline odgovaraju cikličkim kozmološkim rješenjima. Zahtijevamo li vremensku inverziju $t \rightarrow -t$ tada primjećujemo da $H \rightarrow -H$ i $R \rightarrow R$, dok je a nužno pozitivan. Takvi uvjeti definiraju ciklička kozmološka rješenja u odnosu na neku točku. Upotrijebimo li vremensku inverziju nad dinamičkim sustavom (13)-(15) vidimo da on ostaje invarijantan s obzirom na vremensku inverziju. Nadalje, iz poznatih teorema dinamičkih sustava, dovoljno je pokazati postojanje centra u sustavima s vremenskom inverzijom kako bi sustav bio stabilan s obzirom na nelinearne popravke, time osiguravajući zatvorene orbite oko fiksne točke (centra).

4 Ciklički Svemir kao moguća posljedica kvantnih popravki na Einsteinovu gravitaciju

Uronimo li dublje u principe opće teorije relativnosti u okviru kvantnih učinaka uočavamo vrlo brzo nagovještaje kako se i u okvirima fizikalne kozmologije nameće cikličnost Svemira, odnosno njegova beskonačnost u prostornom ali i vremenskom smislu. Ipak, u modeliranju cikličkih Svemira se nećemo baviti nikakvim konkretnim hipotetskim teorijama kvantne gravitacije, s jedne strane zbog njihove nepotpunosti, a s druge strane budući da nema eksperimentalnih uvida koji bi potvrđivali niti jedan od predloženih modela. Ovdje ćemo pretpostaviti da na današnjim kozmološkim skalama približno vrijedi opća teorija relativnosti, dok u režimima visokih zakrivljenosti (energija) opća teorija relativnosti mora biti modificirana dodavanjem novih članova u akciju koji će biti predstavljeni višim redovima Taylorovog razvoja. Na taj način akciju možemo izraziti kao neku općenitu funkciju $f(R)$, za koju ćemo pretpostaviti da je analitična, te koja efektivno prikazuje kvantne učinke na višim zakrivljenostima. Modificirana akcija će tada postati [21]

$$S = \frac{1}{2\kappa} \int \sqrt{-g} f(R) d^4x, \quad (18)$$

gdje funkciju $f(R)$ možemo pisati kao red oko neke točke R_0 [20]

$$f(R) = c_0 + \frac{c_1}{1!}(R - R_0) + \frac{c_2}{2!}(R - R_0)^2 + \mathcal{O}(R - R_0^3) + \dots \quad (19)$$

gdje su c_i konstante koje moraju biti u skladu sa standardnim testovima, odnosno eksperimentalnim provjerama teorije gravitacije. Potrebno je posebno napomenuti kako detalji ovog razvoja u red općenito neće biti identični za svaku situaciju, odnosno svaki režim zakrivljenosti/energije. To već u načelu proizlazi iz

prirode ovog reda kao sume efektivnih korekcija, koje neminovno ovise o prirodi razmatranog problema, a ne kao neke potpune teorije kvantne gravitacije koja bi bila dana integralom (18). Također je iskustvo do kojega dolazimo u kvantnim teorijama polja da su koeficijenti teorije tipično ovisni o energetske skali problema, a nisu naprosto fiksni. Iz tih razloga ove koeficijente razvoja u red treba zapravo shvaćati kao funkcije koje blago ovise o zakrivljenosti, a za koje je smisljeno pretpostaviti da se mogu tretirati kao konstante u danom režimu zakrivljenosti. Na temelju usporedbe sa standardnom općom teorijom relativnosti uzimamo $c_0 = -2\Lambda$, a $c_1 = 1$, dok ostali parametri ostaju slobodni. Variramo li akciju (18) dobivamo mnogo kompleksnije jednadžbe gibanja, u odnosu na one opće teorije relativnosti

$$\frac{df}{dR} R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} f(R) g^{\mu\nu} - (\nabla^\mu \nabla^\nu - g^{\mu\nu} \square) \frac{df}{dR} = \kappa T^{\mu\nu}, \quad (20)$$

gdje je ∇^μ kovarijantna derivacija u općoj teoriji relativnosti, a $\square = \nabla_\mu \nabla^\mu$. Prikazane jednadžbe nam omogućuju bogatiju dinamiku FLRW prostorvremena, bez uvođenja novih polja materije.

4.1 Veliki odboj

Najprije krećemo od tzv. "Velikog odboja" (eng. Big Bounce) koji predstavlja vremensku točku u kojoj je Svemir bio najmanji. Pod pojmom najmanji misli se da je faktor skale $a(t_{odboj})$ imao minimalnu vrijednost u odnosu na svoju čitavu kozmološku epohu. Valja još jednom naglasiti da iako je faktor skale bio najmanji to i dalje znači da je Svemir u cjelini beskonačan za $k = 0$. Veliki odboj predstavlja ujedno i jedan od najvažnijih koncepata u cikličkoj kozmologiji, budući da se tu teorija Velikog praska i cikličkog Svemira eksplicitno razilaze. U teoriji Velikog praska ta točka je ujedno i početak Svemira te se ne može govoriti o vremenu prije tog trenutka, dok u cikličkoj kozmologiji ona je samo jedan poseban trenutak u kojoj je faktor skale $a(t)$ bio najmanji. U tom režimu očekujemo vrlo velike energije, te se često ističe da opća teorija relativnosti više ne vrijedi na tim skalama. Poznati Hawkingovi teoremi također daju nagovještaj o mogućoj neadekvatnosti opće teorije relativnosti, gdje upravo iz tih teorema nužno slijede patološke beskonačnosti promatramo li vremensku evoluciju unatrag prema prošlosti. Jedan od načina kako riješiti problematiku jest formulirati teoriju gravitacije na razini kvantnomehaničkih učinaka, odnosno osnivati kvantnu teoriju gravitacije. Iako se taj korak čini općenito nužan u razumijevanju prirode, on je izvanredno težak, te do danas nema općeprihvaćene kvantne teorije gravitacije.

Kao što je ranije rečeno, u proučavanju Velikog odboja koristit ćemo dodatne članove Taylorovog razvoja $f(R)$ koji će biti dodani ovisno o režimima u kojima se problematika odvija. Tako npr. oko Velikog odboja očekujemo vrlo visoke energije, koje ćemo po pretpostavci poistovjetiti s visokim zakrivljenostima, iz čega slijedi da na tim energijama moramo uzimati u obzir više redove u skalaru zakrivljenosti.

Iz FLRW metrike možemo jednostavno izračunati skalar zakrivljenosti

$$R = 6(\dot{H} + 2H^2), \quad (21)$$

izražen preko Hubbleovog parametra H , gdje je $H = \dot{a}/a$. Uzmimo da se veliki odboj dogodio u nekom trenutku t_0 , mjereno od nekog proizvoljnog trenutka, te ako je $d > 0$ vremenski parametar, tada slijede navedene relacije

$$H(t_0 - d) < 0, \quad H(t_0 + d) > 0, \quad H(t_0) = 0 \quad \text{ako} \quad |d - t_0| < |t_{max} - t_0|, \quad (22)$$

gdje je t_{max} trenutak u kojem faktor skale poprima maksimalnu vrijednost. Iz jednostavnosti pretpostavit ćemo simetričnost oblika

$$H(t_0 - d) = -H(t_0 + d). \quad (23)$$

Po pretpostavci o velikim zakrivljenostima u trenutku t_0 slijedi da skalar zakrivljenosti mora poprimiti maksimalnu vrijednost $R_{max} = R(t_0)$, te ga se može razviti u red oko malog intervala $|t - t_0| \ll 1$

$$R = R_{max} + \frac{R_2}{2!}(t - t_0)^2 + \frac{R_3}{3!}(t - t_0)^3 + \mathcal{O}(t - t_0)^4 + \dots \quad (24)$$

gdje linearni član iščezava zbog pretpostavke o maksimumu. Iz prethodne formule možemo nešto zaključiti o FLRW metrici oko velikog odboja, odnosno za mali interval $|t - t_0| \ll 1$ približno vrijedi

$$6(\dot{H} + 2H^2) = R(t_0) \sim R_{max}, \quad (25)$$

što je jednačba koja ima analitičko rješenje [7]

$$H(t) = \frac{\sqrt{R_{max}}}{2\sqrt{3}} \tanh\left(\frac{\sqrt{3R_{max}}t - C}{3}\right), \quad (26)$$

gdje je C slobodna integracijska konstanta koja se može odrediti tako da zadovo-

ljava (22). Iz ove jednostavne geometrijske analize proizlazi da je sasvim prirodno očekivati Veliki odboj na tim energijama za FLRW metrikju, no ipak treba imati u vidu da tek jednađbe polja u teoriji gravitacije moraju dati takva rješenja kako bi uistinu govorili o Velikom odboju. Iz Hawkingovih teorema zapravo slijedi obrnuti zaključak, budući da se u tim režimima javlja singularitet, odnosno skalar zakrivljenosti postaje beskonačan. U skladu s tim sljedeći korak je analizirati jednađbe gibanja u režimu Velikog odboja koje slijede iz (20). Kako bi imali bolje formalno podudaranje s Λ CDM kozmologijom možemo napisati razvoj (19) u obliku

$$f(R) = -2\Lambda + \sum_{i=1}^{\infty} c_i(R)(R/R_{max})^i, \quad (27)$$

gdje je konstantni član $c_0 = -2\Lambda$, a koeficijenti $c_i/i!$ prelaze u $c_i R_{max}^i$. U režimu oko Velikog odboja jednađbe gibanja (20) se mogu napisati na način

$$\begin{aligned} 3H(t)^2 \sum_{n=0}^N c_n n R(t)^{n-1} &= \rho(t)_{mat} + \rho(t)_{rad} \\ &+ \frac{1}{2} [R(t) \sum_{n=0}^N c_n n R(t)^{n-1} - \sum_{n=0}^N c_n R(t)^n] \\ &- 3H(t) \sum_{n=0}^N c_n (n-1) n R^{n-2} \dot{R}(t), \quad (28) \end{aligned}$$

gdje smo uveli gustoću energije materije i zračenja ρ_{mat} i ρ_{rad} koje zadovoljavaju jednađbe stanja

$$p = w\rho, \quad (29)$$

gdje je $w = 0$ za materiju, a $w = 1/3$ za zračenje. Jednađba (28) je vrlo kompleksna jednađba čije rješenje je rekurzivna formula za n -ti član takvog reda. Međutim, pretpostavili smo da se $f(R)$ funkcija počinje razlikovati od R tek na visokim zakrivljenostima, gdje je ta razlika modelirana na način što se aktiviraju doprinosi viših članova zakrivljenosti. Tako oko Velikog odboja pretpostavljamo da je dovoljno uzeti popravke do trećeg reda (treću potenciju u R) kako bi se modelirao pripadni režim. Moguće je uvesti i više redove potencija ali taj pristup samo uvodi dodatne parametre te fizikalno se ništa ne mijenja. Svrha je pokazati da je model cikličkog Svemira moguć već iz vrlo jednostavnih, ali opravdanih fizikalnih koncepcija uvedenih u ovom poglavlju. Valja naglasiti da u epohi Velikog odboja gustoća energije materije, kao i zakrivljenost, poprimaju maksimalne vrijednosti, budući da je materija proporcionalna a^{-n} gdje je $n = 3$ ili $n = 4$ ovisno o tome radi li se o hladnoj materiji ili radijaciji. Ipak, pretpostavit ćemo da su učinci zakrivlje-

nosti (gravitacijski učinci) dominantni u toj epohi, kao i u skladu s vrijednostima kozmoloških parametara opaženih danas. Rezultat gornjih uvjeta nas dovode do nejednadžbe

$$\rho_{mat}^{max} + \rho_{rad}^{max} \ll \frac{1}{2} \left(f_R(R_{max}) - f(R_{max}) \right) - 3H(t_0) \left. \frac{df_R(R)}{dt} \right|_{R=R_{max}}, \quad (30)$$

koju smo izveli iz jednadžbe gibanja (20) za FLRW metrikou.

Krenimo sada od konkretnog modela, uzimajući u obzir kako je ranije bilo napomenuto da je dovoljno uzeti red potencija u $f(R)$ do trećeg stupnja u svrhu postizanja dobro definiranog Velikog odboja. Tu funkciju možemo napisati na sljedeći način

$$f(R) = -2\Lambda + \tilde{c}_1 R + \tilde{c}_2 R^2 + \tilde{c}_3 R^3, \quad (31)$$

gdje su $\tilde{c}_i = c_i/R_{max}$, a kako bi bili u skladu s opažanjima Λ CDM kozmologijom zahtijevamo da je Λ trenutna kozmološka konstanta, a $\tilde{c}_1 = 1$. Riccijev skalar možemo razviti do četvrtog reda u vremenu

$$R = R_{max} + \frac{R_2}{2}(t - t_0)^2 + \frac{R_3}{6}(t - t_0)^3 + \frac{R_4}{24}(t - t_0)^4, \quad (32)$$

te zahtjevom da jednadžbe gibanja budu konzistentne s gore odabranim funkcijama. Tako dobivamo [7]

$$R_4 = - \frac{R_2(3\Lambda - 1 + 45\Lambda R_2 - 24R_2 + 324\Lambda R_2^2)}{18(3\Lambda - 1)}, \quad (33)$$

$$c_2 = \frac{3\Lambda + 36\Lambda R_2 - 2}{1 - 12R_2}, \quad (34)$$

$$c_3 = \frac{-2\Lambda - 12\Lambda R_2 + 1}{1 - 12R_2}. \quad (35)$$

Ovu gore navedenu metodologiju traženja rješenja u režimu Velikog odboja nazivamo perturbativnom metodom.

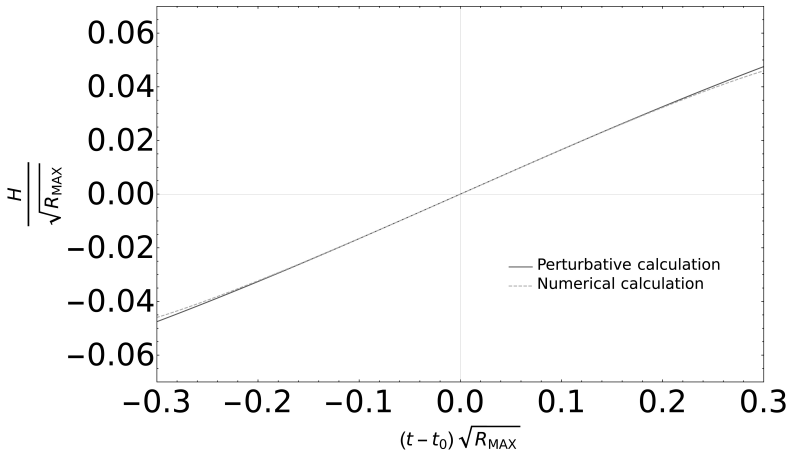
Nasuprot perturbativnoj metodi postoje numeričke metode, te u svrhu konzistentnosti te kako bi rezultati imali bolju vjerodostojnost, koristit ćemo se i numeričkim računima. Numeričkim računom nastojimo „egzaktno riješiti” cijele jednadžbe gibanja bez da ih rešemo perturbativnim aproksimacijama. Ipak, valja naglasiti da su u suštini gornje metode vrlo bliske po svojoj metodologiji s obzirom na to da i numerički izračun zahtijeva zaustavljanje procesa izračuna do

„prihvatljive tolerancije”. Jednadžba koju računamo numeričkim putem je

$$3H(t)^2 \frac{df}{dR} - \frac{1}{2} \left(R(t) \frac{df}{dR} - f(R) \right) + 3H(t) \frac{d^2 f}{dR^2} \dot{R}(t) = 0, \quad (36)$$

gdje je $f(R)$ dan do trećeg reda kao i u perturbativnom slučaju, a Riccijev skalar i Hubbleov parametar se numerički moraju izračunati iz zadane diferencijalne jednadžbe. Početne uvjete koje namećemo diferencijalnoj jednadžbi su $H(t_0) = 0$ koji predstavlja zahtjev da se uistinu radi o Velikom odboju (minimumu faktora skale), te $R(t_0) = R_{max}$.

Rezultate takvih izračuna predstavljamo na slikama 2 i 3 gdje su prikazana ponašanja Hubbleovog parametra H i Riccijevog skalara R oko Velikog odboja. Vid-

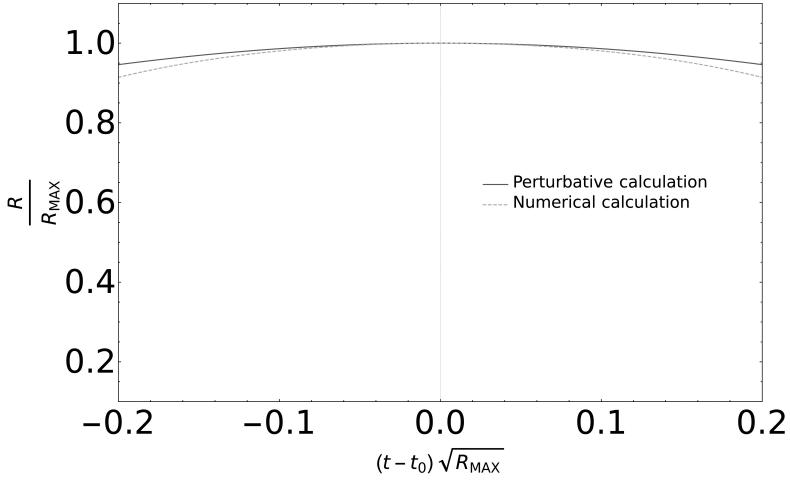


Slika 2: Na slici je punom linijom prikazano ponašanje Hubbleovog parametra u režimu Velikog odboja za $\Lambda = 0.0005$ i $R_2 = -2$, dok je numeričko rješenje dano iscrtkanom linijom.

ljivo je da što smo bliže $t = t_0$ to se rješenja bolje podudaraju, što i mora biti s obzirom na to da se cijela perturbativna analiza temelji na području oko Velikog odboja. Idemo li dalje od točke $t = t_0$ time se počinju numerička i perturbativna rješenja znatno razlikovati.

4.2 Faza standardne Λ CDM kozmologije i faza kontrakcije

Kada govorimo o fazi standardne Λ CDM kozmologije tada mislimo na fazu današnjeg opažanja širenja Svemira koja je opisana Λ CDM teorijom. Time je zadatak modificirane gravitacije pokazati i opravdati njenu valjanost u današnjoj fazi Svemira. Iz toga slijedi da se jednadžbe modificirane gravitacije moraju poklapati



Slika 3: Na slici je punom linijom prikazana evolucija Riccijevog skalara u režimu Velikog odboja za $\Lambda = 0.0005$ i $R_2 = -2$, dok je numeričko rješenje dano iscrtkanom linijom.

s onima iz Λ CDM teorije. Taj prijelaz se lako dobiva pod pretpostavkom da danas živimo u kozmičkom vremenu kada je Riccijev skalar zakrivljenosti mali, $R \ll 1$. Tada možemo sve više redove u Riccijevom skalaru zanemariti te dobivamo

$$f(R) = -2\Lambda + R, \quad (37)$$

što je upravo Einstein–Hilbertova akcija s kozmološkom konstantom koja se u potpunosti poklapa s Λ CDM teorijom. Također, koeficijenti c_i su efektivno funkcije vremena (vidjeti diskusiju na stranici 32), međutim zbog malih iznosa Riccijevog skalara R modelirat ćemo akciju tako da je sva vremenska ovisnost dana u $\Lambda(t)$. Budući da su varijacije po vremenu vrlo male $\Lambda(t)$ se može smatrati približno konstantnom funkcijom u današnjoj epohi. Jednadžba (37) opisuje ubrzano širenje svemira kakvog danas opažamo. Ipak, koliko god vremenska varijacija $\Lambda(t)$ bila mala možemo iz Friedmannovih jednadžbi za (37) dobiti ponašanje parametra jednadžbe stanja za tamnu energiju

$$w_{eff}(t) = -\frac{1}{3} \frac{R(t) \left(1 - \frac{\dot{\Lambda}(t)}{R(t)} - \frac{\Lambda(t)}{R(t)} \right) - 6 \left(\frac{\ddot{\Lambda}(t)}{R(t)} - \frac{\dot{\Lambda}(t)\dot{R}(t)}{R^2(t)} \right) H(t)}{\Lambda(t) - R(t) \frac{\dot{\Lambda}(t)}{R(t)} + 6 \left(\frac{\ddot{\Lambda}(t)}{R(t)} - \frac{\dot{\Lambda}(t)\dot{R}(t)}{R^2(t)} \right) H(t)}. \quad (38)$$

Vidljivo je da za $\Lambda \sim \text{konstanta}$ parametar w prelazi u -1 što je jednadžba stanja standardne Λ CDM kozmologije.

Zanimljivo je što nakon dovoljno dugo vremena Svemir postaje toliko raširen da ga možemo smatrati približno praznim. Pretpostavljamo da tada ulazi u novi fazu svog života koju nazivamo „Velikim cijepanjem”, nakon čijeg završetka se Svemir počinje polako skupljati. Ipak, u ovom modelu, za razliku od ostalih predloženih modela [22, 23], faktor skale ostaje konačan. Iz sačuvanja tenzora energije i impulsa dobivamo jednadžbu

$$\dot{\rho}_{eff}(t) + \frac{\dot{a}(t)}{a(t)}\rho_{eff}(t)(1 + w_{eff}(t)) = 0, \quad (39)$$

gdje je

$$\rho_{eff} = \frac{1}{\kappa\left(1 - \frac{2\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)}\right)} \left[\Lambda(t) - R(t)\frac{\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)} + 6\left(\frac{\ddot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)} - \frac{\dot{\Lambda}(t)\ddot{R}(t)}{\dot{R}^2(t)}\right)H(t) + \kappa\rho\frac{2\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)} \right], \quad (40)$$

$$\begin{aligned} p_{eff} = & -\frac{1}{3\kappa\left(1 - \frac{2\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)}\right)} \left[R(t)\left(1 - \frac{\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)} - \frac{\Lambda(t)}{R(t)}\right) \right. \\ & \left. - 6\left(\frac{\ddot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)} - \frac{\dot{\Lambda}(t)\ddot{R}(t)}{\dot{R}^2(t)}\right)H(t) - \kappa\left(\rho - 3p\left(1 - \frac{2\dot{\Lambda}(t)}{\dot{R}(t)}\right)\right) \right]. \quad (41) \end{aligned}$$

Ako bi w_{eff} bio približno konstantan tada jednadžba 39 postaje

$$\dot{\rho}_{eff} + \frac{\dot{a}}{a}(1 + w_{eff})\rho_{eff}(t) = 0, \quad (42)$$

čije rješenje bi glasilo

$$\rho_{eff} = a^{-(1+w_{eff})}. \quad (43)$$

Međutim, ako je $w_{eff} < -1$ tada primjećujemo da ρ_{eff} neprestano raste, što interpretiramo kao rast efektivne gustoće energije u Svemiru. Taj rast je u stanju da u jednome trenutku dovede do razdvajanja svih vezanih sustava. Kada bi $w < -1$ bio egzaktno konstantan tada se često u literaturi spominje kao pojam „fantomske” energije. Naš pristup se ne ograničava na fantomski slučaj nego pretpostavlja da w_{eff} efektivno ovisi o vremenu kao efektivni oblik dinamike korekcija na opću teoriju relativnosti. Ovisnost o vremenu samo je nužna posljedica pretpostavljene ovisnosti Λ o Riccijevom skalaru, budući da je R na FRWL prostorvremenu zbog simetrija nužno funkcija samo od vremena.

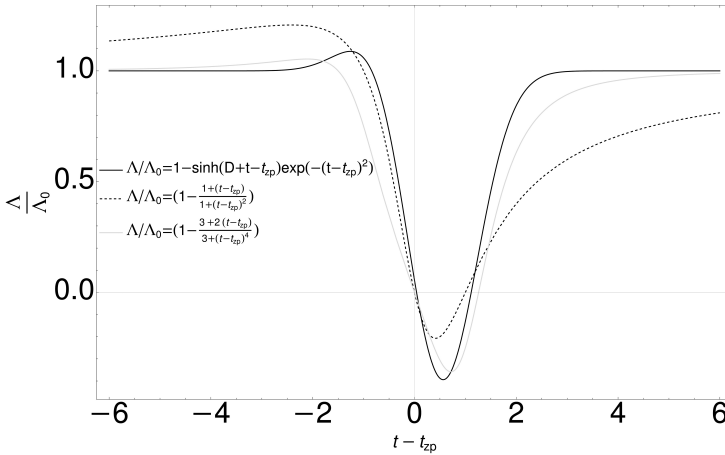
Kako bi imali prijelaz iz faze širenja Svemira $H(t) > 0$ u fazu kontrakcije $H(t) <$

0 moraju biti zadovoljeni sljedeći uvjeti

$$\frac{\Lambda(t_{max})}{\dot{\Lambda}(t_{max})} = \frac{R(t_{max})}{\dot{R}(t_{max})}, \quad (44)$$

$$\rho_{eff}(t_{max}) + 3p_{eff}(t_{max}) > 0, \implies w_{eff}(t_{max}) > -1/3. \quad (45)$$

Time je vidljivo da nije moguće dobiti ciklički Svemir dodavanjem materija s konstantnim w , nego parametar w mora ovisiti o vremenu tako što mora poprimiti vrijednosti od $w < -1$ do $w > -1/3$. Postoji beskonačan skup funkcija $\Lambda(t)$ koji može zadovoljiti tražena svojstva, no radi jednostavnosti ograničiti ćemo se na nekoliko njih sa sljedećim dodatnim svojstvima i) $\lim_{t \rightarrow \infty} \Lambda(t) = \Lambda_0 = \text{konstanta}$, ii) $\lim_{t \rightarrow 0} \Lambda(t) = \Lambda_0$, iii) $\dot{\Lambda}(t) > 0$ for $t_{danas} < t < t_{rip}$, iv) $\Lambda(t) \approx c(t - t_{nul})$ za $|t - t_{rip}| \ll |t_{rip} - t_{danas}|$, gdje je c neki proizvoljan realan broj, a t_{nul} označava vremenski trenutak kada je $\Lambda = 0$. Neke od tih funkcija npr. mogu biti $\Lambda_0 \left(1 - \frac{1+(t-t_{nul})}{1+(t-t_{nul})^2}\right)$, $\Lambda_0(1 - \sinh(\ln(1 + \sqrt{2}) + (t - t_{nul}))e^{-(t-t_{nul})^2}) \dots$ te pozivamo čitatelja da sam konstruira slične funkcije s istim svojstvima. Primjeri tih funkcija predstavljamo na slici 4. Valja također proučiti Einsteinove jednačbe u tom re-



Slika 4: Primjeri funkcija $\Lambda(t)$ koje zadovoljavaju uvjete i) $\lim_{t \rightarrow \infty} \Lambda(t) = \Lambda_0 = \text{konstanta}$, ii) $\lim_{t \rightarrow 0} \Lambda(t) = \Lambda_0$, iii) $\dot{\Lambda}(t) > 0$ for $t_{danas} < t < t_{rip}$, iv) $\Lambda(t) \approx c(t - t_{nul})$ for $|t - t_{rip}| \ll |t_{rip} - t_{danas}|$, gdje je $D = \ln(1 + \sqrt{2})$.

žimu, gdje za $\lim_{t \rightarrow \infty} \Lambda(t) = \Lambda_0$ dobivamo

$$H^2 = \frac{\Lambda_0}{3}, \quad (46)$$

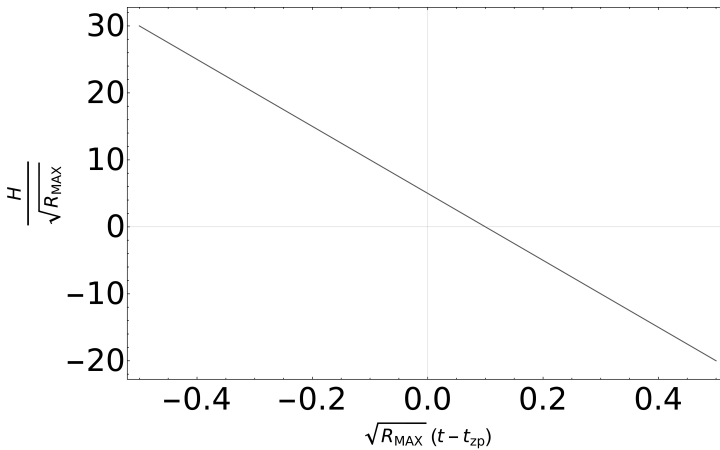
dok oko t_{nul} možemo uvesti aproksimaciju $\Lambda(t) = c(t - t_{nul})$ iz čega slijedi Einste-
inova jednačnja

$$6\dot{R}H^2 = c \left(6\frac{\dot{R}}{R}H + 6H^2 - R + \dot{R}(t - t_{zp}) \right). \quad (47)$$

Gornja jednačnja se može riješiti uz $H(t) = A(t - t_{nul}) + B$ gdje vrijedi

$$A = -2B^2, \quad c = -48B^3. \quad (48)$$

Na slikama 5 i 6 su dana ponašanja Hubbleovog parametra i faktora skale.



Slika 5: Vremenska evolucija Hubbleovog parametra, $H(t)$, u blizini maksimuma faktora skale u fazi cijepanja, izračunat iz (47) za $B = 5$.

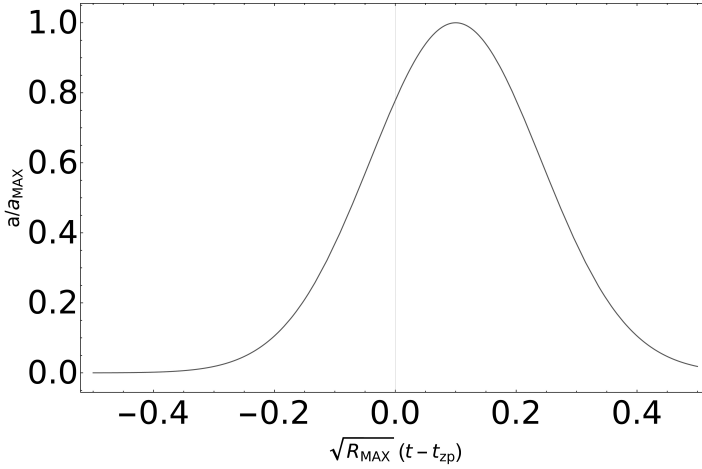
4.3 Prijelaz u novi odboj

Sada smo u fazi kada se Svemir skuplja te se time javljaju opet viši redovi u Ricci-
jevom skalaru jer se zakrivljenost postepeno povećava. Najprije se javlja kvadratični
član R^2 te akcija postaje

$$f(R) = -2\Lambda + c_1R + c_2R^2. \quad (49)$$

Kao i ranije mnogo rješenja može dovesti do opisa skupljanja Svemira, no iz jed-
nostavnosti pretpostavit ćemo oblik Hubbleovog parametra na sljedeći način

$$H(t) = \sum_{i=1}^N A_i(t - t_{kraj})^i + H_{kraj}, \quad (50)$$



Slika 6: Vremenska evolucija faktora skale $a(t)$, u blizini maksimuma u fazi cijepanja za $B = 5$.

gdje je t_{kraj} je trenutak kada završava faza Velikog cijepanja, te Hubbleov parametar mora biti manji od nule $H(t_{kraj}) < 0$ zbog smanjivanja faktora skale (prisjetimo se $H(t) = \dot{a}/a$). Također, Riccijev skalar zakrivljenosti je bio negativan na kraju faze cijepanja, te dobivamo uvjet $A_1 < -2H(t_{kraj})^2$. Koristeći modificirane Friedmannove jednadžbe (20) uz kvadratični model (49) dobivamo jednadžbe

$$3H^2(t)[c_1 + 2c_2(6\dot{H}(t) + 12H^2(t))] = \frac{c_2}{2}[6\dot{H}(t) + 12H^2(t)]^2 + \Lambda - 6H(t)c_2[6\ddot{H}(t) + 24\dot{H}(t)H(t)]. \quad (51)$$

Rješavajući (51) s pokratom (50) za najjednostavniji slučaj $N = 1$, dobivamo

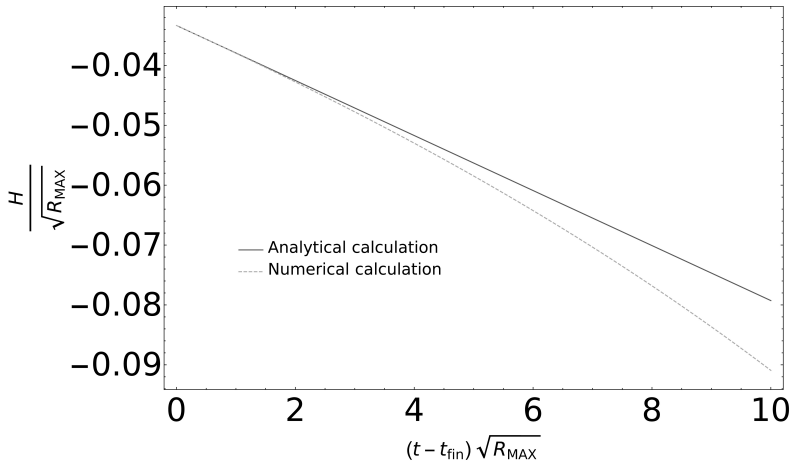
$$c_1 = \frac{2\Lambda}{A_1}, \quad (52)$$

$$c_2 = -\frac{\Lambda}{18A_1}. \quad (53)$$

Dobivena rješenja predstavljamo na slikama: 7, 8 and 9, gdje su korištena numerička i perturbativna metoda u pronalaženju rješenja jednadžbi gibanja.

Nakon što Riccijev skalar zakrivljenosti naraste do dovoljno velikih vrijednosti tada se uključuju i viši redovi potencija u Taylorovom razvoju funkcije $f(R)$. Time postepeno dolazimo do novog odboja koji je opisan u prvom potpoglavlju Veliki odboj. Na taj način, Svemir vječno titra počevši od Velikog odboja do današnje

epohe nakon koje slijedi faza Velikog cijepanja i faza skupljanja, koja pak otvara put do novog Velikog odboja.

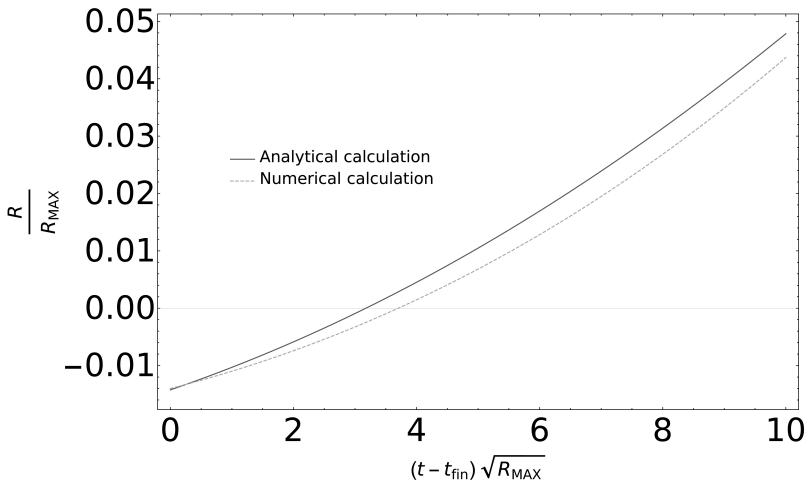


Slika 7: Vremenska evolucija Hubbleovog parametra $H(t)$ u fazi tranzicije prema novom Velikom odboju dobivena iz jednadžbe (50), s parametrima $A_1 = -0.005$, $H_{kraj} = -0.03$ s $N = 1$. Numeričko rješenje (iscrtkana linija) dobiveno je rješavanjem (51) s parametrima $\Lambda = 0.01$, $A_1 = -0.005$, $H_{kraj} = -0.03$, koristeći (52) i (53).

5 Ciklički Svemir i entropija

Rasprava o odnosu ideje cikličkog Svemira i problema rasta entropije prelazi okvire ovoga rada, te svakako zaslužuje poseban članak. Međutim, zbog učestalog spominjanja ovoga motiva u diskusijama o cikličkom Svemiru, ovdje ćemo se samo kratko osvrnuti na neke osnovne aspekte ovog pitanja.

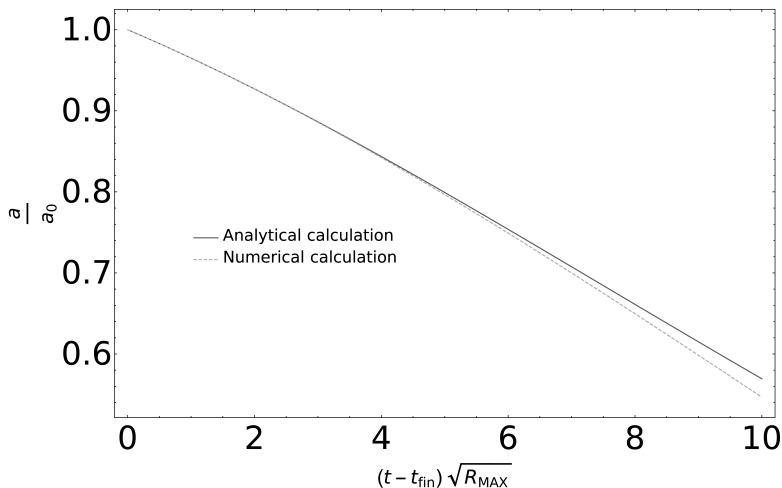
Često se može naići na tvrdnju kako je "ciklički Svemir u sukobu s drugim zakonom termodinamike, odnosno principom porasta entropije" ili barem da je pomirenje cikličkog Svemira i principa rasta entropije na neki način problematično. Ova je tvrdnja u ovom općenitom obliku svakako netočna - radi se zapravo o problemima s entropijom u okviru prvoga fizikalnog modela cikličkog Svemira, Tolmanovog singularnog modela cikličkog Svemira [16]. Navedeno nipošto ne vrijedi za koncepciju cikličkog Svemira općenito. Konkretno, u Tolmanovom modelu, Svemir je konačan i pozitivne zakrivljenosti, $k = 1$, te se veličina njegovog radijusa može povezati s iznosom entropije: kako entropija raste između ciklusa, tako raste i radijus Svemira. Promatrajući tu evoluciju unatrag, došli bi do zaključka da u prošlosti radijus Svemira postaje proizvoljno malen, time dovodeći zapravo do



Slika 8: Vremenska evolucija Riccijevog skalara zakrivljenosti $R(t)$ u fazi tranzicije prema novom Velikom odboju dobivena iz jednačbe (50), s parametrima $A_1 = -0.005$, $H_{kra}j = -0.03$ s $N = 1$. Numeričko rješenje (iscrtkana linija) dobiveno je rješavanjem (51) s parametrima $\Lambda = 0.01$, $A_1 = -0.005$, $H_{kra}j = -0.03$, koristeći (52) i (53).

Velikog praska. Ovi zaključci svakako neće vrijediti za općenite modele cikličkog Svemira, posebno ne za one gdje je $k = 0$, budući da je u njima u svakom ciklusu Svemir beskonačan i da stoga pojam njegovog radijusa u takvim modelima nema nikakvog smisla. No, Tolmanov model je već očito problematičan i zbog toga što ne rješava problem singularnosti.

Kritika cikličkog Svemira na temelju principa porasta entropije mogla bi se, međutim, onda pokušati postaviti u nešto blažem obliku: kako entropija mora rasti između ciklusa, a Svemir postoji beskonačno dugo, slijedi da bi nakon nekog vremena Svemir degenerirao u stanje tako velike entropije koje bi onemogućilo postojanje bilo kakvih uređenih struktura, suprotno onome što opažamo u Svemiru. Ovaj je prigovor na načelnoj razini također neodrživ zbog niza razloga koje ćemo redom diskutirati (premda u slučaju nekih konkretnih modela ovaj prigovor može biti relevantan). Prvo, kao i u ranijem pokušaju kritike, osnovni konceptualni problem korištenja porasta entropije kao argumenta sastoji se u problematičnosti njegovog epistemološkog statusa kao i mogućnosti njegove primjene na kozmologiju. Sasvim je pogrešno u tendencijskom principu porasta entropije promatrati univerzalni teleološki zakon, koji vrijedi po sebi i može se automatski primjenjivati na svaku pojavu bez ulaženja u detalje procesa koji se zbivaju. Za razliku od ostalih fizikalnih principa, ideja porasta entropije je čisto statistička u svojoj na-



Slika 9: Vremenska evolucija faktora skale $a(t)$ u fazi tranzicije prema novom Velikom odboju dobivena iz jednadžbe (50), s parametrima $A_1 = -0.005$, $H_{kraj} = -0.03$ s $N = 1$. Numeričko rješenje (iscrtkana linija) dobiveno je rješavanjem (51) s parametrima $\Lambda = 0.01$, $A_1 = -0.005$, $H_{kraj} = -0.03$, koristeći (52) i (53).

ravi: u evoluciji sistema vjerojatnije je da će se ostvariti ona stanja koja imaju veći broj realizacija. Međutim, razumijevanje faznog prostora dopuštenih realizacija moguće je samo poznavanjem odgovarajućih jednadžbi gibanja, odnosno interakcija koje su na djelu u danom sustavu. U skladu s time, bez detaljnog poznavanja statističkog prostora stanja mogućih realizacija, sasvim je neopravdano zaobilaziti detaljnu analizu jednadžbi gibanja pozivanjem na apriornu formulu "entropija mora rasti", što je primjer pretvaranja jednog principa u lošu metafiziku, suprotstavljenu ozbiljnom fizikalnom razumijevanju. U pogledu preciznog razumijevanja toga što bi zapravo značio pojam porasta entropije u kontekstu općenite kozmologije, odnosno evolucije Svemira kao četverodimenzionalnog prostorvremenskog kontinuuma, stvari stoje prilično nezahvalno. Nije sasvim jasno kako dati precizan matematički kovarijanti izraz rastu entropije na proizvoljnoj četverodimenzionalnoj prostornovremenskoj mnogostrukosti. S opažачke strane, navivna primjena ovih termodinamičkih ideja također zapada u teškoće: spektar mikrovalnog pozadinskog zračenja koji se odlično poklapa sa zračenjem crnog tijela pokazuje kako je Svemir već oko faze razvezivanja materije i zračenja trebao biti u stanju termodinamičke ravnoteže, odnosno maksimalne entropije – što djeluje u suprotnosti s očekivanjem da se entropija trebala povećavati od tog perioda do danas. U pokušajima otklanjanja ovih kontradikcija, slijedeći prijedloge Rogera Penrosa [24] moguće je zamišljati da gravitacijsko polje po sebi sadržava entropiju.

piju, međutim sasvim je nejasno na koji se način takva lokalna entropija gravitacijskog polja može strogo definirati. Štoviše, nemogućnost egzaktnog definiranja energije gravitacijskog polja motivira na pretpostavku da je nemoguće egzaktno definirati i entropiju za gravitacijsko polje. Sva ova razmatranja vode na nužan zaključak da se entropija ne može koristiti kao ozbiljan načelan argument u diskusiji o cikličkim kozmologijama, budući da je njezina relevantnost, kao i smisao, u potpunosti upitna u ovome kontekstu. No, čak ako bi za trenutak i zanemarili sve ove prigovore i zaista pretpostavili da se nužni porast entropije u Svemiru mora uzeti kao egzaktna činjenica, to i dalje ne bi u načelu dovelo u pitanje održivost koncepta cikličkog Svemira. Primjerice, ukoliko Svemir prije ulaska u fazu kontrakcije prolazi kroz fazu duge ubrzane ekspanzije ili čak razaranja gravitacijski vezanih sustava (uslijed rasta kozmološkog člana), tada je vidljiv Svemir na početku novog ciklusa, s obzirom na neku točku u njemu, samo maleni dio ranijeg vidljivog Svemira, koji stoga u sebi sadrži mnogo manje materije, a time i entropije (odnosno Svemir u takvim regijama prilikom skupljanja može biti gotovo prazan) [7, 25, 26]. To proizlazi iz činjenice što je uslijed snažnog ubrzanog širenja, koje prethodi kontrakciji u takvom scenariju, glavnina ranije vidljivog Svemira izašla izvan kozmološkog horizonta početkom novog ciklusa – odnosno izašla je izvan regije unutar koje je moguće ostvariti kontakt informacijama koje putuju brzinom svjetlosti. Stoga, premda entropija u Svemiru raste gledano u cjelini, ona se u ovakvim kauzalno povezanim regijama početkom novog ciklusa očito može smanjivati. Navedeno onda omogućava nesmetani razvoj organiziranih struktura u takvim regijama, uključujući i života, te bi takav mehanizam - pod upitnom pretpostavkom da je razgovor o entropiji na kozmološkom nivou uopće smislen – mogao bez poteškoća objasniti kako je entropija unutar našeg opažajnog Svemira toliko mala ako Svemir postoji beskonačno dugo. U svakom slučaju, čini se da je ovakav tip asimetričnih cikličkih modela – u kojima je faza skupljanja različita od faze širenja (odnosno, nije samo njezina inverzija) u mogućnosti da riješi i druga pitanja, kao što su stvaranje magnetskih polja u Svemiru te izbjegavanje razvijanja nestabilnosti tokom faze skupljanja Svemira [27].

Literatura

- [1] Introduction to Cosmology, B. Ryden, Cambridge University Press; 2nd edition (2016)
- [2] Principles of Physical Cosmology, P. J. E. Peebles, Princeton University Press; (1993)

- [3] *Cosmology*, S. Weinberg, Oxford University Press; Illustrated edition (2008)
- [4] S. W. Hawking. *Roy. Soc. P c. A-Math Phys.*, 294(1439):511- 521. (1966)
- [5] S. W. Hawking. *Roy. Soc. II. P c. A-Math Phys.*, 295(1443):490-493. (1966)
- [6] S. W. Hawking. *Roy. Soc. III. P c. A-Math Phys.*, 300(1461):187-201. (1967)
- [7] P. Pavlović, M. Sossich, *Phys.Rev.D* 95 (2017) 10, 103519; arXiv:1701.03657 [gr-qc]
- [8] A. Ashtekar, T. Pawłowski, P. Singh and K. Vandersloot, *Phys. Rev.D*75, 0240035 (2007), arXiv:gr-qc/0612104.
- [9] *Mit o vječnom povratku*, Eliade, Mircea, Nakladnik Zagreb : Naklada Jesenski i Turk, 2007
- [10] *Rgveda*, Edited By: Ravi Prakash Arya and K.L. Joshi Translated By : HH. Wilson and Bhasya of Sayanacarya, Indica Books (2002); (1, 164, 11-14)
- [11] *Siva Purana* 4 volumes, editor: J. L. Shastri, Motilal Banarsidass,; (2014)
- [12] *A History of Chinese Philosophy*, Yu-lan Fung, Princeton University Press; First Princeton Paperback Pr. edition (1983) by Yu-lan Fung (Author)
- [13] *Filozofija Heraklita Mračnog*, Miroslav Marković, Beograd, Nolit, 1983
- [14] *Empedocles: The Extant Fragments*, M.R. Wright, Hackett Publishing Company, Inc. (1995)
- [15] P. Pavlović, M. Sossich, *Phys.Rev.D* 103 (2021) 2, 023529; arxiv:2009.03625 [gr-qc]
- [16] R. C. Tolman, *Phys. Rev* 38, 1758 (1931)
- [17] Richard Tolman, *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*, Oxford at the Clarendon Press (1934)
- [18] A. G. Riess, A. V. Filippenko, P. Challis, A. Clocchiatti, A. Diercks, P. M. Garnavich, R. L. Gilliland, C. J. Hogan, S. Jha, R. P. Kirshner, B. Leibundgut, M. M. Phillips, D. Reiss, B. P. Schmidt, R. A. Schommer, R. C. Smith, J. Spyromilio, C. Stubbs, N. B. Suntzeff, and J. Tonry, "Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant," *The Astronomical Journal* 116 no. 3, (Sep, 1998) 1009–1038. <https://doi.org/10.1086/300499>.

- [19] Steven Weinberg. The cosmological constant problem, *Rev. Mod. Phys.*, 61:1–23, Jan 1989.
- [20] D. Psaltis, D. Perrodin, K. R. Dienes, and I. Mocioiu, *Phys. Rev. Lett.*, 100, 091101 (2008).
- [21] H. A. Buchdahl, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 150, 1 (1970).
- [22] R. R. Caldwell, M. Kamionkowski, N. N. Weinberg *Phys. Rev. Lett.* 91, 071301 (2003)
- [23] L. Perivolaropoulos, *Phys. Rev. D* 94, 124018 (2016).
- [24] R. Penrose, *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*, Vintage; Illustrated edition (2012)
- [25] A. Ijjas, P. J. Steinhardt, *Phys.Lett.B* 795 (2019) 666-672
- [26] A. Ijjas, P. J. Steinhardt, *Class.Quant.Grav.* 35 (2018) 13, 135004
- [27] N. Leite, P. Pavlovic, *Class.Quant.Grav.* 35 (2018) 21, 215005

Kosa crnih rupa

==== Ivica Smolić ====

Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
ismolic@phy.hr

Sažetak

Posljednje sumnje u samo postojanje crnih rupa uklonjene su prvom direktnom detekcijom gravitacijskih valova 2015. godine i prvom fotografijom supermasivne crne rupe u elektromagnetskom spektru 2019. godine. Pitanje koje sada valja odgovoriti jest: kakve sve crne rupe postoje? U ovom preglednom članku ćemo se osvrnuti na niz teorema o odsustvu “kose” crnih rupa, kojima je asortiman stacionarnih crnih rupa znatno reduciran, te crne rupe s “kosom”, koje na različite načine zaobilaze ove teoreme. Sukus nepreglednog mnoštva znanstvenih rezultata je indicija da su crne rupe vjerojatno najjednostavniji makroskopski objekti u našem svemiru, u oštrm kontrastu s raznolikošću konfiguracija materije čijim gravitacijskim kolapsom te crne rupe mogu biti formirane.

1 Uvod

Neprekidan, dinamičan proces transformacije materije u svemiru posebno je dramatičan u evoluciji zvijezda. Dio ove materije završit će u polaganom hlađenju u bijelom patuljku ili neutronske zvijezdi, a dio nakon što je odbačen u eksploziji supernove opet sudjelovati u formiranju novih zvijezda. Međutim, u eksplozijama dovoljno masivnih supernova dio materije je toliko komprimiran da se interni tlakovi u njoj više ne mogu oduprijeti stisku gravitacije. Rezultat gravitacijskog kolapsa je neobična forma prostora vremena, poznata kao crna rupa (eng. *black hole*).

Neposredno nakon postavljanja opće teorije relativnosti, pronađena su rješenja Einsteinove gravitacijske jednačine među kojima su neka sadržavala i crne rupe. Najjednostavniji, statičan sferno simetričan primjer dao je Karl Schwarzschild 1916. godine, kojeg su Hans Reissner 1916. godine i Gunnar Nordström 1918. godine neovisno poopćili na električki nabijenu crnu rupu. Međutim, ovakva rješenja isprva su promatrana kao matematički kuriozitet, a ne fizikalno relevantan objekt. Znanstvena klima bitno se promijenila 1960-ih godina, tijekom tako-

zване zlatne ere opće teorije relativnosti, dijelom inicirana otkrićem pulsara i razvojem radio-astronomije, a dijelom otkrićem novih egzaktnih rješenja. Gotovo pola stoljeća nakon Schwarzschilda, 1963. godine novozelandski matematičar Roy P. Kerr pronašao je rješenje [1] Einsteinove jednačbe koje predstavlja rotirajuću crnu rupu u vakuumu. Poopćenje na nabijenu rotirajuću crnu rupu, poznatu kao Kerr–Newmanova crna rupa, pronašli su Ezra T. Newman i suradnici 1965. godine [2].

S obzirom da su sve navedene crne rupe stacionarne, možemo ih gledati kao jedan mogući ravnotežni, konačni rezultat gravitacijskog kolapsa materije. No, ove crne rupe su jednostavne u još jednom aspektu — one su i osno simetrične. Kako polazna materija općenito neće imati nikakve prostorne simetrije, postavlja se pitanje postoje li neke složenije crne rupe, koje bi proširile tablicu mogućih ishoda gravitacijskog kolapsa. Rane indicije o tome da je raznolikost crnih rupa ipak poprilično ograničena pojavile su se kroz razmatranja kolapsa magnetiziranih zvijezda [3, 4]. John A. Wheeler je slutnju o jednostavnosti crnih rupa slikovito opisao metaforom o odsustvu *kose crnih rupa* (eng. *black holes have no hair*), gdje pod “kosom” neformalno podrazumijevamo razne oblike dodatnih složenosti poput viših multipolnih momenata u gravitacijskom polju crnih rupa (intuitivno, njihove “grbavosti”) ili dodatnih fizikalnih polja koja, pored elektromagnetskog, mogu postojati uz crnu rupu.

Revolucionaran iskorak u razumijevanju ovog aspekta gravitacijske fizike donosi Werner Israel [5, 6] dokazom da je Schwarzschildova crna rupa jedinstveno statično rješenje vakuumske Einsteinove jednačbe. Israelov rezultat je u kratkom vremenu poopćen na Kerr–Newmanovu crnu rupu, a potom i na niz drugih klasa rješenja s različitim fizikalnim poljima. Aktivnosti na ovoj fronti u posljednjih pola stoljeća nalikuju na diskurs u kojem se izmjenjuju novi teoremi koji ograničavaju moguću formu kose crnih rupa i pronalaženja “dlakavih” crnih rupa u manje ili više fizikalno plauzibilnim teorijama, čija je egzistencija omogućena zaobilaznjem neke od pretpostavki u *no-hair* teoremima.

2 Što su crne rupe?

Relativističke teorije stubokom su promijenile klasičnu sliku prostora i vremena, kao i Newtonov opis gravitacijske interakcije. U odsustvu gravitacije imamo specijalnu teoriju relativnosti, u kojoj je prostorvrijeme zadano metrikom Minkowskog η_{ab} na 4-dimenzionalnom prostoru \mathbb{R}^4 . Metrika je tenzor koji definira množenje vektora i posredno omogućuje definiranje geometrijskih veličina poput du-

ljine krivulja. Kod prostorvremena Minkowskog ključnu razliku u odnosu na euklidsku geometriju odmah vidimo u kanonskom, Kartezijevom koordinatnom sustavu (t, x, y, z) , u kojem komponenta metrike η_{tt} ima negativan predznak. Opća teorija relativnosti ide korak dalje, proširujući specijalnu s relativističkim opisom gravitacijskog polja: ono je metrika g_{ab} Lorentzovog tipa¹ na glatkoj 4-dimenzionalnoj mnogostrukosti². Fizikalne posljedice prisustva gravitacijskog polja možemo mjeriti, primjerice, preko plimnih sila, koje su ugrađene u tzv. Riemannov tenzor R_{abcd} konstruiran pomoću metrike i njenih derivacija. Slikovito, gravitacija se očituje u *zakrivljenosti* prostorvremena. Prostornovremenska metrika nije proizvoljna, već je rješenje gravitacijske jednačbe polja koja izjednačava specifičnu kombinaciju Riemannovog tenzora i metrike, s tenzorom energije i impulsa T_{ab} ostalih fizikalnih polja.

Točke prostorvremena možemo stavljati u odnos ovisno o tome kakvim krivuljama ih je moguće povezati. Tip krivulje razlikujemo prema njihovom tangentnom vektorskom polju X^a : krivulje prostornog tipa ako je $g_{ab}X^aX^b > 0$, odnosno kauzalnog tipa ako je $g_{ab}X^aX^b \leq 0$. Kauzalne krivulje su nam posebno zanimljive jer predstavljaju svjetske linije svih poznatih masivnih i bezmasenih čestica. Ako je u prostorvremenu moguće izdvojiti dio, “beskonačnost”, koji je u određenom smislu daleko od promatranog skupa astrofizičkih objekata (tehnički, buduća svjetlosna beskonačnost \mathcal{S}^+ ili neki srodan koncept), tada je *crna rupa* definirana kao dio prostorvremena koji je kauzalno odvojen od “beskonačnosti”. Drušim riječima, crna rupa je dio prostorvremena iz kojeg nijedna čestica, bilo masivna ili bezmasena, ne može pobjeći.

3 Koliko su crne rupe jednostavne?

Kompletan pregled bestijarija crnih rupa koji se može pronaći u znanstvenoj literaturi akumuliranoj od Schwarzschildovog članka do danas zasigurno prelazi granice kratkog osvrt. Stoga, ovdje ćemo se ograničiti u nekoliko aspekata: prije svega, na prostorvrijeme koje je stacionarno, odnosno vremenski neovisno, i asimptotski ravno. Potonji uvjet intuitivno opisuje slabljenje gravitacije udaljavanjem od izvora (metrika se u određenom smislu približava metrici Minkowskog), ali ne vrijedi u kozmološkom kontekstu, u prisustvu kozmološke konstante.

¹Odabirom pogodnog lokalnog koordinatnog sustava komponente metrike u zadanoj točki možemo dovesti u dijagonalnu formu, koja u slučaju metrike Riemannovog tipa ima sve elemente istog predznaka, a u slučaju metrike Lorentzovog tipa jedan element suprotnog predznaka.

²Mногоstrukost je topološki prostor koji je (a) Hausdorffov (svaki par točaka ima disjunktne okoline), (b) lokalno euklidski (svaka točka ima okolinu homeomorfnu s otvorenim podskupom euklidskog prostora) i (c) ima prebrojivu bazu topologije [49].

Oslanjajući se na pretpostavku o analitičnosti metrike u okolini horizonta, Stephen Hawking [13] je pokazao (tzv. *strong rigidity theorem*) da je stacionarna crna rupa ili nerotirajuća (statičan slučaj) ili rotirajuća uz dodatnu osnu simetriju prostora vremena³. Zanimljivo, S. Alexander Ridgway i Erick J. Weinberg [23] pronašli su primjer statične crne rupe (s dva polja, elektromagnetskim i masivnim vektorskim), koja nije osno simetrična. Također, tzv. Majumdar–Papapetrou rješenje [7, 8, 9] Einstein–Maxwellovih jednadžbi opisuje statičan sustav ekstremalnih⁴ nabijenih crnih rupa, koji općenito nema osnu simetriju. Pitanje postoji li stacionarni, ali nestatičan sustav (rotirajućih) crnih rupa je i dalje otvoreno, iako neki preliminarni rezultati [37, 38] ukazuju na negativan odgovor.

Teoreme o jedinstvenosti, odnosno odsustvu kose crnih rupa (eng. *no-hair theorems*) razvrstat ćemo za početak prema poljima koja su prisutna u prostorvremenu. Skalarna polja, teorijski privlačna zbog svoje jednostavnosti, u kozmologiji su dugo u upotrebi u različitim modelima tamne materije i tamne energije, a od otkrića Higgsovog bozona znamo da u prirodi postoji barem jedan oblik fundamentalnog skalarnog polja. Kanonski i astrofizički vjerojatno najznačajniji slučaj je onaj u kojem razmatramo stacionarnu konfiguraciju elektromagnetskog polja. Kod ostalih baždarnih polja (poput gluona te W^\pm i Z bozona) nije sasvim jasno igraju li ikakvu bitnu ulogu u astrofizičkim procesima na makroskopskim skalama.

Skalarna polja. Upotrebom standardne metode dokaza jedinstvenosti rješenja linearnih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi (poput onih koje susrećemo u elektrostatici), Jacob D. Bekenstein [10] dao je ograničenje na postojanje skalarnih polja u okolini crne rupe. Strategija se sastoji od pronalaženja (pozitivno ili negativno) semidefinitne veličine, čiji je integral po relevantnom dijelu prostorvremena (zahvaljujući jednadžbama gibanja i rubnim uvjetima) jednak nula, i koja je jednaka nula ako i samo ako je promatrano polje trivijalno (konstantno ili naprosto nula). Na primjer, Klein–Gordonova jednadžba

$$(\square - m^2)\phi = 0 \tag{1}$$

opisuju realno skalarno polje ϕ mase m . Množenjem s ϕ , rezultat možemo zapisati u obliku

$$\nabla_a(\phi \nabla^a \phi) = (\nabla_a \phi)(\nabla^a \phi) + (m\phi)^2. \tag{2}$$

³U oba slučaja horizont crne rupe je po dijelovima tzv. *Killingov horizont*, svjetlosna hiperploha čija normala je Killingovo vektorsko polje [53].

⁴Za crnu rupu kažemo da je *ekstremalna* kada joj je površinska gravitacija $\kappa = 0$; primjerice, Reissner–Norströmova crna rupa je ekstremalna u slučaju kada je $Q = M$.

Sada integriramo ovu jednadžbu po hiperplohi prostornog tipa, čiji je jedan rub na horizontu crne rupe, a drugi u prostornoj beskonačnosti. Lijeva strana će, upotrebom Stokesovog teorema i simetrija problema, propasti, dok je desna strana upravo strateški traženi izraz. Teoremi o odsustvu skalarne kose crnih rupa prošireni su i na teorije s općenitijim kinetičkim članovima i potencijalima [24, 25], kao i na neke klase teorija u kojima je skalarano polje neminimalno vezano na gravitacijsko polje u lagranžijanu [26]. S druge strane, u nekim slučajevima neminimalnog vezanja susrećemo crne rupe sa skalarnom kosom [27].

Elektromagnetsko polje. Kristaliziranje najpoznatijeg *no-hair* teorema isprepleteno je doprinosima niza znanstvenika, polazeći od Israelovih radova, preko poopćenja Brendona Cartera [14, 15] i Davida Robinsona [16, 17], te sustavnih pojednostavljenja putem identiteta koje su neovisno izveli Pavel Mazur [18] i Gary Bunting [19], do nebrojenih modernijih poliranja matematičkih finesa (za detaljniji pregled vidi [53, 43]). U pripadnim dokazima možemo ugrubo izdvojiti dva dijela: prvi u kojem pokušavamo čim više iskoristiti pretpostavljene simetrije prostorvremena kako bi reducirali početni problem (npr. svođenje Einsteinove jednadžbe na tzv. Ernstovu jednadžbu), te relativno teži dio u kojem pomoću nekog posebnog identiteta dolazimo do konačnog zaključka o jedinstvenosti rješenja. Ostavimo li po strani sitna tehnička otvorena pitanja, zaključak je da se vanjski dio crne rupe u stacionarnom, asimptotski ravnom rješenju Einstein–Maxwellovih jednadžbi poklapa s odgovarajućom domenom Kerr–Newmanovog ili Majumdar–Papapetrouovog prostorvremena. Spomenimo usput kako u odsustvu crnih rupa, dakle u slučaju kada imamo globalno regularno prostorvrijeme, tzv. teoremi o odsustvu elektromagnetskih solitona ograničavaju postojanje netrivialnih stacionarnih konfiguracija elektromagnetskog polja koje trne u beskonačnosti (za kratak pregled starijih rezultata i nova poopćenja na nelinearna elektromagnetska polja vidi [42]).

Ostala vektorska polja. Bekensteinovi teoremi [11, 12] zabranjuju “Proca kosu” crnih rupa, načinjenu od masivnog realnog vektorskog polja, iako postoji mogućnost zaobilazanja ovih rezultata, koju ćemo spomenuti dolje. Pored elektromagnetskog, u standardnom modelu elementarnih čestica imamo i ostala baždarna, neabelova polja, koja opisuju slabo i jako međudjelovanje. Ubrzo nakon što su Robert Bartnik i John McKinnon [28], upotrebom numeričkih metoda, pronašli familiju rješenja Einstein–Yang–Millsovih jednadžbi s $SU(2)$ baždarnom grupom, nekoliko znanstvenika [20, 21, 22, 23] je pronašlo rješenja koja predstavljaju crne rupe s neabelovom kosom (tzv. “crne rupe u boji”). Detaljniji pregled crnih rupa s neabelovom kosom može se naći u [29].

Jedan zanimljiv način na koji crna rupa može imati kosu pojavljuje se u slučaju

ako dotična polja krše simetrijske pretpostavke u gore navedenim teoremima. Naime, kažemo da fizikalno polje *nasljeđuje* (eng. *inherits*) neku simetriju metričke ako je invarijantno na djelovanje pripadnog difeomorfizma⁵ (na primjer, polje koje je vremenski neovisno u stacionarnom prostoru vremenu). U većini klasičnih *no-hair* teorema, pretpostavka o nasljeđivanju simetrije se olako (ponekad i prešutno!) uzima, iako je riječ o nimalo trivijalnoj tvrdnji. Kod elektromagnetskog [30, 31], kao i kod skalarnih polja [32, 33, 36] nasljeđivanje simetrije nije nužno⁶, ali je strogo ograničeno u prisustvu crnih rupa (na primjer, realno skalarno polje nužno nasljeđuje simetrije u prostoru vremenu s crnom rupom). Crnu rupu s kosom koja ne nasljeđuje simetrije prvi su otkrili Carlos Herdeiro i Eugen Radu [39]: riječ je o stacionarnom, osno simetričnom numeričkom rješenju Einstein–Klein–Gordonovih jednadžbi sa kompleksnim skalarnim poljem oblika $\psi \sim \exp(i(-\omega t + m\phi))$. Kasnije je pronađena i crna rupa s Proca kosom koje ne nasljeđuje simetrije [41] (za detaljniji pregled skalarne kose crnih rupa vidi [40]). Usput valja spomenuti i nešto egzotičnije slučajeve poput onih s tzv. *prikrivenim* (eng. *stealth*) poljima, kod kojih pripadni tenzor energije i impulsa identički iščezava, pa je njihov doprinos u Einsteinovoj gravitacijskoj jednadžbi trivijalan i stoga mogu biti “nakalamljena” na ranije poznata rješenja s crnom rupom. Primjerice, dok prikrivena skalarna polja susrećemo u nekim teorijama s neminimalnim vezanjem [34], prikrivena elektromagnetska polja u standardnoj Maxwelllovoj elektrodinamici nisu moguća, ali ih neke verzije nelinearne elektrodinamike dozvoljavaju [35].

4 Završni komentari

Problem klasifikacije crnih rupa i boljeg razumijevanja njihove kose je široka fronta s nizom otvorenih pitanja. Ovdje možemo izdvojiti nekoliko problema vezanih uz rezultate spomenute u gornjem pregledu.

Dokaz klasičnog teorema o jedinstvenosti Kerr–Newmanove crne rupe među stacionarnim, osno simetričnim rješenjima Einstein–Maxwellovih jednadžbi u nekim se koracima oslanja na pretpostavke koje valja ublažiti (poput analitičnosti [44]) ili razriješiti (poput tehničkih detalja kod nasljeđivanja simetrija za elektromagnetsko polje u prisustvu crne rupe [31]). Osim toga, mogućnost postojanja sustava stacionarnih nabijenih rotirajućih crnih rupa nije u potpunosti otklonjena [37, 38].

⁵Difeomorfizam među mnogostrukostima M i N je bijekcija $f : M \rightarrow N$ koja je glatka i kojoj je inverz $f^{-1} : N \rightarrow M$ također gladak.

⁶Malo konkretnije, ako je K^a Killingovo vektorsko polje, tada elektromagnetsko polje zadovoljava $\mathcal{L}_K F_{ab} = f \star F_{ab}$ uz neku funkciju f ; za realno skalarno polje Liejeva derivacija $\mathcal{L}_K \phi$ je konstanta koja je jednaka nuli ako su orbite polja K^a kompaktne; i tako dalje.

Uz standardne teoreme o odsustvu kose crnih rupa, postoji i niz srodnih rezultata [45, 46, 47] koji pokazuju da kosa crnih rupa, ako postoji, ne može biti prekratka (tzv. *no-short-hair* teoremi). Primjerice, kod sferno simetričnih crnih rupa polja se moraju protezati dalje od zadnje stabilne orbite svjetlosnih geodezika. Pitanje je u kojoj mjeri je ove rezultate moguće poopćiti kod egzaktnih rješenja vezanih jednadžbi za gravitaciju i materiju, u slučaju kada nemamo sfernu simetriju.

Konačno, jedno od krucijalnih i nimalo jednostavnih pitanja je ono o *stabilnosti* rješenja: ako mala perturbacija može uništiti neku konfiguraciju crne rupe s kosom, tada ga zasigurno ne možemo držati za astrofizički relevantno rješenje. Strogi dokazi stabilnosti su često iznimno komplicirani matematički pothvati — u slučaju najjednostavnijeg, prostorvremena Minkowskog, on se proteže [48] na preko 500 stranica! Pitanje stabilnosti za temeljnu, Kerr–Newmanovu crnu rupu još nije u potpunosti razriješeno, iako je općenito očekivanje da je odgovor pozitivan.

Zahvale

Autor zahvaljuje Ani Bokulić na pažljivom čitanju radne verzije teksta i svim komentarima. Ovaj rad financijski je potpomognut projektom IP-2020-02-9614 Hrvatske zakade za znanost.

Dodatak: Kerr--Newmanovo prostorvrijeme

Kerr–Newmanovo prostorvrijeme je stacionarno, elektrovakuumsko rješenje Einstein–Maxwellovih jednadžbi

$$R_{ab} = 2 \left(F_{ac} F_b{}^c - \frac{1}{4} g_{ab} F_{cd} F^{cd} \right) \quad (3)$$

$$0 = \nabla_a F_{bc} + \nabla_b F_{ca} + \nabla_c F_{ab} \quad (4)$$

$$0 = \nabla^a F_{ab} \quad (5)$$

definirano s tri fizikalna parametra: masom M , zamahom J i električnim nabojem Q . Metrika u Boyer–Lindquistovim koordinatama (t, r, θ, φ) i prirodnom sustavu

jedinica, $c = G = 4\pi\epsilon_0 = 1$, glasi

$$\begin{aligned}
 ds^2 = & - \left(1 - \frac{2Mr - Q^2}{\Sigma} \right) dt^2 + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 + \Sigma d\theta^2 + \\
 & + \frac{\sin^2 \theta}{\Sigma} \left((r^2 + a^2)^2 - \Delta a^2 \sin^2 \theta \right) d\varphi^2 + \\
 & + \frac{2a \sin^2 \theta}{\Sigma} \left(\Delta - (r^2 + a^2) \right) dt d\varphi
 \end{aligned} \tag{6}$$

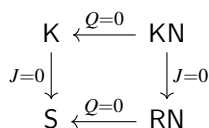
gdje smo uveli niz konvencionalnih pokrata,

$$a = J/M, \quad \Delta = r^2 - 2Mr + a^2 + Q^2, \quad \Sigma = r^2 + a^2 \cos^2 \theta.$$

Elektromagnetsko polje $F_{ab} = \nabla_a A_b - \nabla_b A_a$ opisano je baždarnom 1-formom

$$A = -\frac{Qr}{\Sigma} (dt - a \sin^2 \theta d\varphi). \tag{7}$$

Ispod je dan shematski prikaz odnosa među osnovnim crnim rupama, koje se pojavljuju kao specijalni slučajevi Kerr–Newmanove crne rupe.



KN = Kerr–Newmanova, K = Kerrova, RN = Reissner–Nordströmova, S = Schwarzschildova

Literatura

- [1] Kerr, R. P., Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metrics, *Phys. Rev. Lett.*, 11, 237–238, 1963
- [2] Newman, E T. and Couch, R. and Chinnapared, K. and Exton, A. and Prakash, A. and Torrence, R., Metric of a Rotating, Charged Mass, *J. Math. Phys.*, 6, 918–919, 1965
- [3] Ginzburg, V. L., Magnetic fields of collapsing masses and the nature of superstars, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1964, 156,1, 43–46
- [4] Doroshkevich, A. G. and Zel'dovich, Ya. B. and Novikov, I. D., Gravitational Collapse of Non-Symmetric and Rotating Bodies, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.*, 1965, 49, 170

- [5] Israel, W., Event horizons in static vacuum space-times, *Phys. Rev.*,164, 1776–1779, 1967
- [6] Israel, W., Event horizons in static electrovac space-times, *Commun. Math. Phys.*, 8, 245–260,1968
- [7] Papapetrou, A., A Static solution of the equations of the gravitational field for an arbitrary charge distribution, *Proc. Roy. Irish Acad. A*’, 51,191–204, 1947
- [8] Majumdar, S. D., A class of exact solutions of Einstein’s field equations, *Phys. Rev.*, 72, 390–398, 1947
- [9] Hartle, J. B. and Hawking, S. W.,Solutions of the Einstein-Maxwell equations with many black holes, *Commun. Math. Phys.*,26, 87–101, 1972
- [10] Bekenstein, J. D., Transcendence of the Law of Baryon-Number Conservation in Black Hole Physics, *Phys. Rev. Lett.*, 28, 452–455, 1972
- [11] Bekenstein, J. D., Nonexistence of Baryon Number for Static Black Holes, *Phys. Rev. D*, 5, 1239–1246, 1972
- [12] Bekenstein, J. D., Nonexistence of Baryon Number for Black Holes. II, *Phys. Rev. D*, 5, 2403–2412, 1972
- [13] Hawking, S. W., Black holes in general relativity, *Commun. Math. Phys.*, 25, 152–166, 1972
- [14] Carter, B., Axisymmetric Black Hole Has Only Two Degrees of Freedom, *Phys. Rev. Lett.*, 26, 331–333, 1971
- [15] Carter, B.,Black Hole Equilibrium States, editors: DeWitt, B. and DeWitt, C., *Black Holes*, Gordon and Breach, 1973, New York,
- [16] Robinson, D. C., Classification of black holes with electromagnetic fields, *Phys. Rev. D*, 10, 458–460, 1974
- [17] Robinson, D. C., Uniqueness of the Kerr black hole, *Phys. Rev. Lett.*,34, 905–906, 1975
- [18] Mazur, P. O., Proof of Uniqueness of the Kerr–Newman Black Hole Solution, *J. Phys. A*, 15, 3173–3180, 1982
- [19] Bunting, G. L., Proof of the Uniqueness Conjecture for Black Holes, University of New England, 1983, Armidale, N.S.W.,

- [20] Bizon. P, Colored Black Holes, *Phys. Rev. Lett.*, 64, 2844–2847, 1990
- [21] Künzle, H. P. and Masood-ul-Alam, A. K. M., Spherically symmetric static SU(2) Einstein–Yang–Mills fields, *J. Math. Phys.*, 31, 928–935, 1990
- [22] Volkov, M. S. and Gal'tsov, D. V., Black holes in Einstein–Yang–Mills theory, *Yad. Fiz.*, 51, 1171, 1990, *Sov. J. Nucl. Phys.* 51 747 (1990)
- [23] Ridgway, S. A. and Weinberg, E. J., Static black hole solutions without rotational symmetry, *gr-qc/9503035*, *Phys. Rev. D*, 52, 3440–3456, 1995
- [24] Bekenstein, J. D., Novel “no-scalar-hair” theorem for black holes, *Phys. Rev. D*, 51, 12, R6608, 1995
- [25] Sudarsky, D., A Simple proof of a no hair theorem in Einstein Higgs theory, *Class. Quantum Grav.*, 12, ”579–584”, 1995
- [26] Saa, A., New no-scalar-hair theorem for black holes, *gr-qc/9601021*, *J. Math. Phys.*, 37, 2346–2351, 1996
- [27] Winstanley, E., Dressing a black hole with non-minimally coupled scalar field hair, *gr-qc/0501096*, *Class. Quantum Grav.*, 22, 2233–2248, 2005
- [28] Bartnik, R. and McKinnon, J., Particlelike Solutions of the Einstein–Yang–Mills Equations, *Phys. Rev. Lett.*, 61, 141–144, 1988
- [29] Volkov, M. S. and Gal'tsov, D. V., Gravitating non-Abelian solitons and black holes with Yang–Mills fields, *hep-th/9810070*, *Phys. Rept.*, 319, 1–83, 1999
- [30] Michalski, H. and Wainwright, J., Killing vector fields and the Einstein–Maxwell field equations in General relativity, *Gen. Relativ. Gravit.*, 6, 289–318, 1975,
- [31] Tod, P., Conditions for nonexistence of static or stationary, Einstein–Maxwell, non-inheriting black-holes, *Gen. Relativ. Gravit.*, 39, 111–127, 2007, *gr-qc/0611035*,
- [32] Smolić, I., Symmetry inheritance of scalar fields, *Class. Quantum Grav.*, 32, 145010, 2015, *gr-qc/1501.04967*,
- [33] Smolić, I., Constraints on the symmetry noninheriting scalar black hole hair, *Phys. Rev. D*, 95, 2017, 2, 024016, *gr-qc/1609.04013*,

- [34] Barjašić, I. and Smolić, I., On symmetry inheritance of nonminimally coupled scalar fields, gr-qc/1709.07456”, *Class. Quantum Grav.*, 35, 7, 075002, 2018
- [35] Smolić, I., Spacetimes dressed with stealth electromagnetic fields, gr-qc/1711.07490, *Phys. Rev. D*, 97, 8, 084041, 2018
- [36] Franzin, E. and Smolić, I.”, Stationary spacetimes with time-dependent real scalar fields, gr-qc/2101.05816, *Class. Quantum Grav.*, 38, 11, 115004, 2021
- [37] Neugebauer, G. and Hennig, J., Stationary two-black-hole configurations: A non-existence proof, gr-qc/1105.5830”, *J. Geom. Phys.*, 62, 613–630, 2012
- [38] Hennig, J., On the balance problem for two rotating and charged black holes, gr-qc/1906.04847”, *Class. Quantum Grav.*, 36, 23, 235001, 2019
- [39] Herdeiro, C. A. R. and Radu, Eugen, Kerr Black Holes with Scalar Hair, gr-qc/1403.2757, *Phys. Rev. Lett.*, 112, 221101, 2014
- [40] Herdeiro, C. A. R. and Radu, E., Asymptotically Flat Black Holes with Scalar Hair: A Review, gr-qc/1504.08209, *Int. J. Mod. Phys. D*, 24, 09, 1542014, 2015
- [41] Herdeiro, C. and Radu, E. and Rúnarsson, H., Kerr black holes with Proca hair, gr-qc/1603.02687, *Class. Quantum Grav.*, 33, 15, 154001, 2016
- [42] Bokulić, A. and Smolić, I. and Jurić, T.”, Nonlinear electromagnetic fields in strictly stationary spacetimes”, gr-qc/2111.10387, *Phys. Rev. D*, 105, 2, 024067, 2022
- [43] Chruściel, P.T. and Costa, J.L. and Heusler, M., Stationary Black Holes: Uniqueness and Beyond, *Living Rev. Rel.*, 15, 7, 2012, gr-qc/1205.6112,
- [44] Ionescu, A. and Klainerman, S., Rigidity Results in General Relativity: a Review, 2015, gr-qc/1501.01587,
- [45] Núñez, D. and Quevedo, H. and Sudarsky, D., Black Holes Have No Short Hair, gr-qc/9601020, *Phys. Rev. Lett.*, 76, 571–574, 1996
- [46] Hod, S., Rotating black holes can have short bristles, gr-qc/1411.2609, *Phys. Lett. B*, 739, 196–200, 2014
- [47] Hod, S., A no-short scalar hair theorem for rotating Kerr black holes, gr-qc/1705.08905, *Class. Quantum Grav.*, 33, 114001, 2016

- [48] Christodoulou, D. and Klainerman, S., The Global Nonlinear Stability of the Minkowski Space, 2014, Princeton University Press
- [49] Lee, John M., Introduction to Smooth Manifolds, Springer, 2003, New York,
- [50] Hawking, S. and Ellis, G.F.R., The large scale structure of space-time, Cambridge University Press, 1973, Cambridge, England, New York
- [51] O'Neill, B., Semi-Riemannian Geometry With Applications to Relativity, Academic Press, 1983, New York
- [52] Wald, R., General Relativity, University of Chicago Press, 1984, Chicago,
- [53] Heusler, M., Black Hole Uniqueness Theorems, Cambridge University Press, 1996, Cambridge New York,
- [54] Misner, C. W. and Thorne, K. S. and Wheeler, J. A., Gravitation, Freeman & Co., 1970, San Francisco
- [55] Penrose, R., Rindler, W., Spinors and space-time, Volume 1, Cambridge University Press, 1986, Cambridge Cambridgeshire New York
- [56] Visser, M., Lorentzian wormholes: From Einstein to Hawking, American Institute of Physics, 1996, Woodbury, N.Y

Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti

=====*Marko Sossich*=====

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode;

Zavod za primijenjenu fiziku, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i

računarstva

marko.sossich@icpn.hr

Sažetak

Razumijevanje prostora i vremena predstavlja jedan od ključnih konceptualnih problema u fizici, no ne samo u fizici nego i u spoznajnoj teoriji i filozofiji uopće. Stoga tumačenje prostora i vremena u modernoj fizici značajno doprinosi obogaćivanju tog pojma koji sada ima utočište i u prirodnim znanostima. Teorija relativnosti je baš teorija prostorvremena te je njezin dinamički konstituent upravo prostorvrijeme, dok je u ostalim teorijama prostorvrijeme samo pozornica u njihovom postavljanju. Kako je opća teorija relativnosti utemeljena na pojmovima zakrivljenosti prostorvremena, tako se može formulirati i teorija istovjetna općoj teoriji relativnosti koja je temeljena na torziji. Tu teoriju nazivamo Teleparalelnim ekvivalentom opće teorije relativnosti. Svakako je zanimljivo proučiti vezu između zakrivljenosti i torzije, te je takva teorija značajna jer može bolje uroniti u svijet teorija temeljenih na lokalnoj baždarnoj simetriji. Doduše, ona se mora pojmovno spustiti na tu nižu razinu, ali samo u službi toga kako bi mogla uzdignuti ostale teorije i približiti ih pojmovnom razumijevanju sličnome onom iz opće teorije relativnosti.

1 Teorije gravitacije temeljene na torziji

1.1 Uvod u Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti i njezin odnos s općom teorijom relativnosti

U ranim danima opće teorije relativnosti, ubrzo nakon njezinog postavljanja, želja Alberta Einsteina je bila ići korak dalje i postaviti teoriju koja ujedinjuje gravitaciju i elektromagnetizam. Takva ujedinjena teorija bi bila temeljena na geometriji

prostorvremena po uzoru na opću teoriju relativnosti. Međutim, osnovni dinamički entitet u općoj teoriji relativnosti bila je metrika prostorvremena, koju označavamo s $g_{\mu\nu}$, te ona sadrži 10 stupnjeva slobode zbog simetričnosti $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$. S druge strane, Einstein u svojim radovima između 1928. i 1931. godine uvodi koncepte apsolutnog paralelizma ili teleparalelizma (njem. Fernparallelismus) [1] u kojima se spominje tetrađa $h^a{}_\mu$. Nasuprot metriki, tetrađa sadrži 16 stupnjeva slobode gdje bi dodatnih 6 stupnjeva slobode potencijalno moglo odgovarati elektromagnetizmu (3 električna polja i 3 magnetska polja). No, ubrzo nakon toga otkriveno je da tih dodatnih 6 stupnjeva slobode odgovaraju izboru Lorentzovog promatrača te je taj pristup napušten u okviru ujedinjenja gravitacije i teorije elektromagnetizma [2]. Ipak, ovaj rezultat doveo je do daljnjeg razumijevanja prostorvremena, te se otvorila mogućnost formulacija istovjetnih teorija općoj teoriji relativnosti no korištenjem raznih koneksija.

Koneksije u teorijama gravitacije, no također i u baždarnim teorijama standardnog modela igraju ključnu ulogu u formulacijama tih teorija. Njih koristimo kao „pomoćno polje” koje nam služi u očuvanju kovarijantnosti lagranžijana zadanih teorija u odnosu na konkretnu transformaciju. Npr. u baždarnim teorijama standardnog modela javlja se Diracov lagranžijan

$$\mathcal{L} = i\hbar c \bar{\psi} \gamma^\mu \partial_\mu \psi - mc^2 \bar{\psi} \psi, \quad (1)$$

gdje je ψ Diracov spinor, m masa Diracovog spinora, γ^μ su matrice reprezentacije Diracovih spinora, $\partial_\mu = \partial/\partial x^\mu$ je parcijalna derivacija po koordinati x^μ , a c brzina svjetlosti te \hbar Planckova konstanta. Taj lagranžijan nije invarijantan s obzirom na lokalnu baždarnu transformaciju $\psi' = e^{i\lambda(x)} \psi$, odnosno njena derivacija narušava tu invarijantnost. U tu svrhu uvodimo kovarijantnu derivaciju

$$D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu, \quad (2)$$

gdje je upravo A_μ koneksija u lokalno baždarnim teorijama. Konkretno, njezina algebra se poklapa s algebrom polja u teoriji elektromagnetizma, pa kažemo da polje A_μ predstavlja učinke elektromagnetizma u baždarnim teorijama. Na taj način lagranžijan (1) postaje lokalno baždarno invarijantan. Koneksije nisu tenzori jer se one za tu transformaciju transformiraju na način

$$A'_\mu = UA_\mu U^{-1} + U\partial_\mu U^{-1} = A_\mu - \partial_\mu \lambda(x), \quad (3)$$

gdje je $U = e^{i\lambda(x)}$ zadana transformacija. Primijetimo da razlika dviju koneksija

predstavlja tenzor, to vidimo u drugom članu $U\partial_\mu U^{-1}$ koji ovisi samo o transformaciji U te se u razlici poništava i ostaje

$$F'_\mu = UF_\mu U^{-1}, \quad (4)$$

što smatramo transformacijom koju zadovoljavaju tenzori. Na sličan način, za neku drugu transformaciju npr. $U = \lambda(x)_a^b$ tzv. lokalnu Lorentzovu transformaciju, također uvodimo koneksiju, i pripadni kovarijantnu derivaciju

$$\mathcal{D}_\mu x^a = \partial_\mu x^a + A^a_{b\nu} x^b, \quad (5)$$

koju zovemo Fock-Ivanenkovom kovarijantnom derivacijom, s pripadnom koneksijom $A^a_{b\nu}$ koju nazivamo spinskom ili Lorentzovom koneksijom.

Konačno, u općoj teoriji relativnosti uvodimo kovarijantnu derivaciju s obzirom na simetriju tzv. opće kovarijantnosti (općenita transformacija koordinata)

$$\nabla_\mu x^\nu = \partial_\mu x^\nu + \overset{\circ}{\Gamma}^\nu_{\rho\mu} x^\rho, \quad (6)$$

gdje je $\overset{\circ}{\Gamma}^\nu_{\rho\mu}$ koneksija Levi-Civite. Koneksija Levi-Civite predstavlja jedinstvenu koneksiju koja sadrži zakrivljenost i definirana je pomoću metrike

$$\overset{\circ}{\Gamma}^\sigma_{\mu\nu} = \frac{1}{2} g^{\sigma\rho} (\partial_\mu g_{\rho\nu} + \partial_\nu g_{\rho\mu} - \partial_\rho g_{\mu\nu}), \quad (7)$$

koja je simetrična na zamjenu dva donja indeksa $\overset{\circ}{\Gamma}^\sigma_{\nu\mu} = \overset{\circ}{\Gamma}^\sigma_{\mu\nu}$ te takva koneksija definira tenzor zakrivljenosti odnosno Riemannov tenzor

$$\overset{\circ}{R}^\rho_{\lambda\nu\mu} = \partial_\nu \overset{\circ}{\Gamma}^\rho_{\lambda\mu} - \partial_\mu \overset{\circ}{\Gamma}^\rho_{\lambda\nu} + \overset{\circ}{\Gamma}^\rho_{\sigma\nu} \overset{\circ}{\Gamma}^\sigma_{\lambda\mu} - \overset{\circ}{\Gamma}^\rho_{\sigma\mu} \overset{\circ}{\Gamma}^\sigma_{\lambda\nu}. \quad (8)$$

Iz koneksije Levi-Civite slijedi važno svojstvo koje nazivamo metričnost

$$\nabla_\mu g^{\mu\nu} = 0. \quad (9)$$

Ubrzo nakon formulacije opće teorije relativnosti posebna pažnja bila je data poimanju prostovremena u terminima torzije. Poznato je da je u općoj teoriji relativnosti zakrivljenost osnovno ontološko načelo prostorvremena – matematički kažemo da je opća teorija relativnosti zasnovana na koneksijama $\overset{\circ}{\Gamma}^\mu_{\nu\rho}$ koje sadrže zakrivljenost, a torzija iščezava. S druge strane moguće je formulirati istovjetnu teoriju u kojoj koristimo druge koneksije, a jedan od poznatijih primjera je upravo Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti (TEGR). U takvoj teoriji

koristimo koneksiju koja sadrži iščezavajuću zakrivljenost, a neiščezavajuću torziju, koju označavamo kao $\Gamma^\mu{}_{\nu\rho}$, te ju često zovemo Weitzenböckovom koneksijom. Takva koneksija definira tenzor torzije

$$T^\rho{}_{\mu\nu} = \Gamma^\rho{}_{\nu\mu} - \Gamma^\rho{}_{\mu\nu}, \quad (10)$$

koja je dana antisimetričnim dijelom koneksije $\Gamma^\rho{}_{\nu\mu}$. Primijetimo da koneksija Levi-Civite, koja je simetrična na zamjenu zadnja dva indeksa, daje iščezavajuću torziju, pa kažemo da koneksija Levi-Civite sadrži zakrivljenost ali ne i torziju. Formalno gledajući akcija opće teorije relativnosti je dana Einstein-Hilbertovom akcijom

$$S_{EH} = \frac{c^4}{16\pi G} \int \sqrt{-g} R d^4x, \quad (11)$$

gdje je R Riccijev skalar koji sadrži zakrivljenost i iščezavajuću torziju, a $g = \det(g_{\mu\nu})$ je determinanta metričke. S druge strane moguće je konstruirati akciju koja se temelji na torziji, a daje iste jednadžbe gibanja kao opća teorija relativnosti te ona glasi [3]

$$S_{TEGR} = \frac{c^4}{16\pi G} \int h T d^4x, \quad (12)$$

gdje je T skalar torzije koji predstavlja učinke isključivo torzije, odnosno funkcija je isključivo Weitzenböckove koneksije $\Gamma^\rho{}_{\nu\mu}$, a $h = \det(h_a{}^\mu)$ je determinanta tetrade. Zapravo, moguće je konstruirati beskonačno mnogo teorija koje imaju iste jednadžbe gibanja kao i opća teorija relativnosti, a koje kombiniraju torziju i zakrivljenost. Razlog što su jednadžbe gibanja iste proizlazi iz konstrukcije skalara torzije za koji vrijedi

$$R = -T + \frac{2}{h} \partial_\mu (h T^\mu), \quad (13)$$

gdje je vidljivo da se Riccijev skalar R i skalar torzije T razlikuju do na potpunu divergenciju. Zbog tog svojstva poznato je da će dobivene jednadžbe gibanja ostati nepromijenjene do na član koji se nalazi u divergenciji.

1.2 Teorija gravitacije kao baždarna teorija

Postoji i drugi razlog zbog kojeg se uvode tetrade kao osnovni stupanj slobode u teorijama gravitacije. Takav objekt omogućuje konstrukciju lokalno baždarnih teorija gravitacije koje duguje svom lokalnom karakteru $h_a{}^\mu = h_a{}^\mu \partial_\mu$, budući da u svakoj točki prostorvremena razapinje četverodimanzionalni vektorski tangenti prostor. Želja da se teorija gravitacije formulira kao lokalno baždarna teorija proizlazi iz uspjeha kvantne teorije polja, odnosno standardnog modela, čije je os-

novno načelo upravo lokalna baždarna simetrija. Konkretno TEGR smatramo baždarnom teorijom grupe translacija. Opću teoriju relativnosti ne smatramo baždarnom teorijom gravitacije po analogiji s baždarnim teorijama standardnog modela budući da je osnovni stupanj slobode metrika, a ona ne proizlazi iz nikakve baždarne simetrije kao koneksija te simetrije, ili jednostavno rečeno metrika nije koneksija. S druge strane, igrajući istu igru, pretpostavljamo da materija zadovoljava baždarnu simetriju translacije u tangენტnom prostoru

$$x'^a = x^a + \varepsilon^a(x^\mu), \quad (14)$$

gdje su x^a koordinate u tangენტnom prostoru, a ε parametar transformacije. Tada se infinitezimalna transformacija može napisati

$$x'^a = Ux^a = e^{\varepsilon^a P_a} x^a = (1 + \varepsilon^a P_a)x^a, \quad (15)$$

gdje su P_a generatori grupe translacija $P_a = \partial_a$. Koordinate se transformiraju

$$\delta x^a = x'^a - x^a = \varepsilon^b \partial_b x^a, \quad (16)$$

na isti način na koji se neko polje materije transformira, pa kažemo da je ono kovarijantno

$$\delta \phi = \varepsilon^b \partial_b \phi. \quad (17)$$

Međutim, derivacija polja se ne transformira kovarijantno te uvodimo koneksiju $B^a{}_\mu$ [4]. Primijetimo da vrijedi isto načelo kao i u slučaju elektromagnetskog vezanja sa spinorom, dakle iz lokalne baždarne invarijantnosti Diracovog spinora nužno uvodimo koneksiju A_μ preko kovarijantne derivacije, upravo iz razloga što obična derivacija Diracovog spinora lomi lokalnu baždarnu simetriju. Tako i u TEGR uvodimo kovarijantnu derivaciju

$$D_\mu \phi = h_\mu \phi = \partial_\mu \phi + B^a{}_\mu \partial_a \phi, \quad (18)$$

koja omogućuje kovarijantnost

$$\delta(h_\mu \phi) = \varepsilon^b \partial_b (h_\mu \phi). \quad (19)$$

Poznato je da se koneksije u baždarnim teorijama transformiraju

$$B'^a{}_\mu = UB_\mu U^{-1} + U \partial_\mu U^{-1} \implies B'^a{}_\mu = B^a{}_\mu - \partial_\mu \varepsilon^a. \quad (20)$$

Na taj način polje $B^a{}_\mu$ postaje koneksija u smislu lokalno baždarne simetrije, te ona istovremeno predstavlja gravitacijsko polje, gdje je vezanje dato kroz kovarijantu derivaciju, kao što je to slučaj i u Diracovoj teoriji vezanja s elektromagnetizmom. Konačno, polje $h^a{}_\mu$ i polje $B^a{}_\mu$ razlikuju se do na trivijalan član $\partial_a x^\mu$, te je trik u tome što je varijacija nekog lagranžijana ista provodi li se ona poljem $B^a{}_\mu$ ili $h^a{}_\mu$. S obzirom da je $h^a{}_\mu$ osnovni stupanj slobode teleparalelnih teorija gravitacije time je formalno postignut cilj postavljanja baždarne teorije gravitacije.

Primijetimo da je ovim trikom izmijenjena jedino formulacija teorija gravitacije, ali su jednadžbe gibanja ostale nepromijenjene. Cilj je dakle pojmovno približavanje teorije gravitacije standardnom modelu temeljenom na baždarnim simetrijama. Ovaj pristup je značajan, no treba ga promotriti i na obrnut način: s jedne strane postoji način kako se teorija gravitacije može razumjeti kao baždarna teorija, no s druge strane otvara se mogućnost da se teorije standardnog modela razumiju ili barem približe pojmovima opće teorije relativnosti. Time koneksije predstavljaju glavni predmet takve veze, te ih treba pobliže razumjeti u geometrijskom smislu kako bi se razumjela istinska priroda npr. elektromagnetizma. Slijedeći ove odnose, koji upućuju na vezu baždarnih teorija standardnog modela i opće teorije relativnosti, postavlja se pitanje fundamentalne uloge metrike u standardnom modelu, ili barem u elektromagnetizmu. Takva ideja vraća Einsteinovu želju o ujedinjenju gravitacije i elektromagnetizma u geometrijskom smislu. Time se dobiva puni smisao opće teorije relativnosti koja u sebi sadrži i gravitaciju i elektromagnetizam.

2 Kinematika čestice u teorijama temeljenima na torziji

Promotrimo kinematiku TEGR, odnosno gibanje testnog naboja (čestice). U općoj teoriji relativnosti gibanje čestice je opisano geodetskom jednadžbom kao ekstremalnom putanjom u nekom prostoru vremenu, odnosno iščezavanjem kovarijantne četveroakceleracije

$$(\nabla_\mu u^\nu)u^\mu = \frac{d}{ds}u^\nu + \overset{\circ}{\Gamma}{}^\nu{}_{\lambda\mu}u^\lambda u^\mu = 0. \quad (21)$$

Drugim riječima, u takvoj jednadžbi ne prepoznavamo silu, čestica se jednostavno slobodno giba, ali u zakrivljenom prostoru. To se načelo temelji na načelu jednakosti teške i tromе mase, te bez tog načela ova interpretacija ne bi vrijedila. S druge strane testni naboj u TEGR se giba prema jednadžbi

$$(\nabla_\mu u^\nu)u^\mu = \frac{d}{ds}u^\nu + \Gamma^\nu{}_{\lambda\mu}u^\lambda u^\mu = T^\nu{}_{\lambda\mu}u^\lambda u^\mu, \quad (22)$$

Ipak, postoji bitna razlika u interpretaciji jednadžbe (22) što ona nije geodetska jednadžba u „torzionom” prostoru. To je vidljivo iz toga što se na desnoj strani javlja tenzor $T^{\nu}{}_{\lambda\mu}$ koji predstavlja vanjsko polje koje efektivno prouzrokuje odstupanje od geodetske krivulje. Dakle, ovaj rezultat predstavlja važnu razliku TEGR i opće teorije relativnosti, gdje se u TEGR vraća pojam sile kao dinamičkog uzroka gibanja testne čestice, iako uzrok te sile nije klasično određen nabojem (masom). Uzrok je i dalje dan geometrijom prostora vremena u terminima torzije, no s obzirom na to da je globalna formulacija torzije dana u prostora vremenu Minkowskog tada nije neobično što jednadžba (22) poprima oblik u kojem djeluje polje torzije, zapravo kad bi to polje bilo nula tada bi se (22) svela na

$$\frac{d}{ds}u^{\nu} = 0, \quad (23)$$

jer bi u slučaju iščezavanja torzije iščeznula i koneksija $\Gamma^{\nu}{}_{\lambda\mu}$, osim ako ona ne bi bila koneksija Levi-Civite koja po pretpostavci to nije. Dakle, iako jednadžba (22) nije geodetska po svojoj definiciji, ipak uzrokom gibanja čestice u gravitacijskom polju se i dalje pokazuje dinamika prostora vremena u svakoj točki, no sada u terminima torzije. Zanimljivo je promotriti situaciju u kojoj postoji razlika tromer i teške mase gdje m_i označava inercijalnu masu, a m_g tešku masu (naboj). Tada se jednadžba gibanja može napisati kao

$$\left(\partial x^a + \frac{m_g}{m_i} B_{\mu}^a \right) \frac{du_a}{ds} = \frac{m_g}{m_i} T^a{}_{\mu\rho} u_a u^{\rho}. \quad (24)$$

Poznato je da B_{μ}^a i $T^a{}_{\mu\rho}$ ne ovise o omjeru m_i/m_g te jednadžba gibanja čestice ostaje konzistentna i u slučaju $m_i \neq m_g$. U slučaju $m_i = m_g$ ona postaje istovjetna geodetskoj jednadžbi. Taj rezultat može se učiniti robusnijim od onoga u općoj teoriji relativnosti, no ipak treba biti vrlo oprezan s takvom tvrdnjom. Upravo zbog toga što u prirodi postoji jednakost tromer i teške mase, iz toga slijedi geodetska jednadžba kao dublji princip, a ne naprosto kao neka slučajnost koja nastupa u TEGR. Ili preciznije, upravo zato što u mišljenju postoji opći zahtjev prema kojem se materija slobodno kreće u nekom prostora vremenu te bi putanja takve materije onda morala proizaći iz načela minimalne akcije, tada kao rezultat toga slijedi nužan zaključak o jednakosti teške i tromer mase. S druge strane, (22) je ekvivalentna geodetskoj jednadžbi, što ne začuđuje jer je taj rezultat bio zahtjev teorije, jer je eksperimentalno potvrđena, te je ona tautološki i dobivena ali u terminima drugih veličina, odnosno polja. Tu prepoznajemo svojevrstan korak natrag u razumijevanju gravitacijskog međudjelovanja, gdje se vraća neko polje torzije kao uzrok međudjelovanja. Valja opet naglasiti da se upravo zbog tog vraćanja prevladanih

pojmovima omogućuje bolje shvaćanje tih pojmova u teorijama u kojima su oni i dalje aktualni. Iako je u standardnom modelu također prevladan pojam sile u klasičnom smislu, te međudjelovanje slijedi iz dubljeg principa baždarne simetrije, ipak i dalje ostaju pojmovi izmjene čestica, interakcije itd. Također, u teorijama standardnog modela ostaje enigma i nedovoljno razumljivo načelo lokalne baždarne simetrije. Doduše, velik iskorak je napravljen otkrićem i sistematizacijom pojma renormalizacije koji pretpostavlja beskonačnu vrijednost golih naboja i masa elementarnih čestica, te nekonstantnost tih veličina ovisi o energijskim skalama na kojoj se eksperiment odvija. Pokazano je da su sve teorije temeljene na baždarnoj simetriji renormalizabilne [5]. Problematičan je slučaj gravitacije koja se odupire toj tvrdnji, koji moramo shvatiti kao još jedan znak nedovoljnog razumijevanja odnosa baždarnih teorija i gravitacije.

3 Modificirane teorije gravitacije tipa $f(T)$ i Lorentzova simetrija

Vođeni novijim kozmološkim istraživanjima, te pokušajima postavljanja kvantne teorije gravitacije nameće se potreba za modifikacijom opće teorije relativnosti. Kako je bilo pokazano, stvar je konvencije uzimamo li teoriju temeljenoj na zakrivljenosti ili torziji, odnosno akcije (11) i (12) daju iste jednačbe gibanja iako se te akcije razlikuju. Postoji čitava obitelj novih modificiranih teorija koje se temelje na zakrivljenosti i nazivamo ih $f(R)$ teorijama. Takve teorije mijenjaju akciju na način što linearnu funkciju Riccijevog skalara R zamjenjuju nekom općenitijom funkcijom $f(R)$ te akcija (11) postaje [6]

$$S_{f(R)} = \frac{c^4}{16\pi G} \int \sqrt{-g} f(R) d^4x. \quad (25)$$

Na sličan način to možemo učiniti i s akcijom (12) gdje skalar torzije poopćujemo s općenitijom funkcijom $f(T)$ te akcija glasi [7]

$$S_{f(T)} = \frac{c^4}{16\pi G} \int h f(T) d^4x. \quad (26)$$

Modificirane $f(T)$ teorije gravitacije su posebno zanimljive što daju jednačbe gibanja najviše drugog reda u derivacijama komponenata metričkog tenzora, što je i slučaj u općoj teoriji relativnosti, dok u $f(R)$ teorijama one mogu biti čak i četvrtog reda. Takva jednostavnost je ubrzo pokazala svoju primjenu u kozmologiji gdje je na zadovoljavajući način riješen i model cikličkog svemira, inflacije, ubr-

zanog širenja itd [8, 9, 10, 11]. Međutim, ubrzo nakon postavljanja $f(T)$ teorije gravitacije uočen je problem narušenja lokalne Lorentzove simetrije [12, 13]. Naime, u ranijim teorijama uzet je uvjet tzv. apsolutne paralelizabilnosti slično kao (9) za koji kovarijantna derivacija tetrade iščezava

$$\nabla_{\mu} h^a_{\nu} = \partial_{\mu} h^a_{\nu} - \Gamma^{\rho}_{\nu\mu} h^a_{\rho} = 0. \quad (27)$$

Taj uvjet definira Weitzenbökovu koneksiju

$$\Gamma^{\rho}_{\nu\mu} = h_a^{\rho} \partial_{\mu} h^a_{\nu}. \quad (28)$$

A s druge strane tetrađa h^a_{μ} mora zadovoljiti uvjet metričke kompatibilnosti

$$g_{\mu\nu} = \eta_{ab} h^a_{\mu} h^b_{\nu}, \quad (29)$$

međutim, isto tako je moguće uzeti i neku drugu tetrađu h'^a_{μ} te također mora vrijediti

$$g_{\mu\nu} = \eta_{ab} h'^a_{\mu} h'^b_{\nu}, \quad (30)$$

jer metrički tenzor jednoznačno definira geometriju prostorvremena. Kažemo da je tetrađa lokalno Lorentz transformirana

$$h^a_{\mu} = \Lambda^a_b(x) h'^b_{\mu}, \quad (31)$$

Međutim, sad vidimo da iz uvjeta apsolutne paralelizabilnosti dobivamo neku drugu Weitzenbökovu koneksiju za tu transformaciju

$$\Gamma'^{\rho}_{\nu\mu} = h'^{\rho}_a \partial_{\mu} h'^a_{\nu}, \quad (32)$$

a rekli smo da je akcijaTEGR funkcija tenzora torzije odnosno Weitzenbökovu koneksije. Na taj način vidljivo je da dobivamo drugi lagranžijan, pa je time narušena lokalna Lorentzova invarijantnost. U tu svrhu, kao što je i u prošlim poglavljima bio slučaj, uvodimo kovarijantnu derivaciju Fock-Ivanenka (5) koja uvodi i spinsku koneksiju u teoriju, pa je sada uvjet apsolutne paralelizabilnosti proširen

$$\partial_{\mu} h^a_{\nu} - \Gamma^{\rho}_{\nu\mu} h^a_{\rho} + A^a_{b\mu} h^b_{\nu} = 0, \quad (33)$$

gdje je uvedena i spinska koneksija $A^a_{b\mu}$. Vidimo da ako želimo imati istu koneksiju $\Gamma^{\rho}_{\nu\mu}$ za neku promijenjenu tetrađu onda se mora i $A^a_{b\mu}$ mijenjati u skladu s tim kako bi $\Gamma^{\rho}_{\nu\mu}$ ostala nepromijenjena. Na taj način govorimo o kovarijant-

noj formulaciji $f(T)$ teorije gravitacije [14, 15]. Postavlja se pitanje kako prije nije bio uočen taj lom simetrije. Razlog tomu je sličan kao u slučaju odnosa R i T iz jednačbe (13), spinska koneksija se javila samo kao član u potpunoj divergenciji. Međutim, kada T postaje općenitija funkcija onda član s potpunom divergencijom neće iščeznuti kao površinski član u lagranžijanu. Ipak, $f(T)$ teorija zapravo nije u potpunosti riješila problem lokalne Lorentzove invarijantnosti. Pri tome ostaju otvorena pitanja geometrija koje ovise i o prostoru i vremenu koja nisu na zadovoljavajući način riješena, kao i pitanja crnih rupa i vakuumskih rješenja koja pokazuju znatna pojmovna odstupanja od onih u općoj teoriji relativnosti.

Literatura

- [1] Einstein, A., "Riemann-Geometrie mit Aufrechterhaltung des Begriffes des Fernparallelismus", Preussische Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse, Sitzungsberichte, 1928, str. 217-221.
- [2] Zakharov, A., Zinchuk, V., Pervushin, V., "Tetrad formalism and reference frames in general relativity", Physics of Particles and Nuclei, Vol. 37, 01 2006, str. 104-134.
- [3] R. Aldrovandi and J. G. Pereira, Teleparallel Gravity, vol. 173. Springer, Dordrecht, 2013.
- [4] de Andrade, V. C., Pereira, J. G., "Gravitational lorentz force and the description of the gravitational interaction", Phys. Rev. D, Vol. 56, Oct 1997, str. 4689-4695.
- [5] C. Becchi, A. Rouet, R. Stora, „Renormalization of Gauge Theories ” Annals Phys. 98 (1976) 287-321
- [6] H. A. Buchdahl, Mon. Not. R. Astron. Soc., 150, 1 (1970).
- [7] Y.-F. Cai, S. Capozziello, M. De Laurentis, and E. N. Saridakis, Rept. Prog. Phys. 79 no. 10, (2016) 106901, arXiv:1511.07586 [gr-qc].
- [8] G. Farrugia, J. L. Said, and M. L. Ruggiero, Phys. Rev. D93 no. 10, (2016) 104034, arXiv:1605.07614 [gr-qc].
- [9] L. Iorio, N. Radicella, and M. L. Ruggiero, JCAP 1508 no. 08, (2015) 021, arXiv:1505.06996 [gr-qc].

- [10] Yi-Fu Cai, Shih-Hung Chen, James B. Dent, Sourish Dutta, Emmanuel N. Saridakis, *Class. Quantum Grav.* 28 (2011) 215011
- [11] P. Pavlović, M. Sossich, „Dynamic properties of cyclic cosmologies”, *Phys.Rev.D* 103 (2021) 2, 023529 arXiv:2009.03625 [gr-qc]
- [12]] B. Li, T. P. Sotiriou, and J. D. Barrow, *Phys. Rev. D* 83 (2011) 064035, arXiv:1010.1041 [gr-qc].
- [13] T. P. Sotiriou, B. Li, and J. D. Barrow, *Phys. Rev. D* 83 (2011) 104030, arXiv:1012.4039 [gr-qc].
- [14] M. Krssak and E. N. Saridakis, *Class. Quant. Grav.* 33 no. 11, (2016) 115009, arXiv:1510.08432 [gr-qc].
- [15] A. Golovnev, T. Koivisto, and M. Sandstad, *Class. Quant. Grav.* 34 no. 14, (2017) 145013, arXiv:1701.06271 [gr-qc].

O nekim problemima kozmiologije i matematičke fizike

===== *L. C. Garcia de Andrade* =====

Departamento de Física Teórica - IF - UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Maracanã,

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode

luiz.andrade@icpn.hr

Sažetak

Cilj je ovoga članka dati prikaz nekih vlastitih nedavnih doprinosa u području kozmiologije i matematičke fizike, kojima sam se bavio kao profesor i istraživač na odsjeku za teorijsku fiziku na državnom sveučilištu Rio de Janeiro u Brazilu. Moja istraživanja u protekla četiri desetljeća bavila su se rasponom tema od torzijskih valnih modova u lineariziranoj teleparalelnoj gravitaciji sa spinom 1 i spinom 0, preko kasnijih radova na analizi podataka o gravitacijskim valovima LIGO kolaboracije, pa do suradnje s kolegama sa sveučilišta Rio de Janeiro na temama tople inflacije te doprinosima spinsko-torzijske gustoće u kontekstu Einstein-Cartanove torzijske gravitacije. Jedna od tema nedavnog istraživanja bila je i unificirana teorija polja koja uključuje gravitaciju i elektromagnetizam, u duhu Einsteinovog pristupa, pri čemu su magnetska polja sadržana u metrici. Od 2010 bio sam veoma aktivan u bavljenju temama kiralnih i ne-kiralnih dinama u topološkim defektima, kao i radu na nedavno objavljenoj knjizi o magnetogenezi u kontekstu Einstein-Cartanove gravitacije. Ovaj prikaz navedenih tema bit će sudržan po pitanju ulaženja u matematički formalizam, a svi se tehnički detalji mogu naći u odgovarajućim referencama.

1 Uvod

Volio bih započeti s pisanjem o kozmiologiji - koja je uostalom i glavni interes veoma vrijedne inicijative nedavnog pokretanja Instituta za kozmologiju i filozofiju prirode u Hrvatskoj - prije svega ističući kako sam primarno matematički fizičar, kao što su uostalom primjerice bili i W. Gibbs i Einstein. Biti matematički fizičar često znači biti onaj tko, poput mene, zna nešto malo fizike, kako bi kroz nju

primijenio nešto matematike. Radi se o veoma fascinantnoj temi. Kao daljnji primjer toga što znači biti matematički fizičar mogli bi navesti Edwarda Wittena, matematičkog fizičara s Instituta za napredne studije sveučilišta u Princetonu, koji je bio prvi fizičar nagrađen Fieldsovom medaljom za svoj rad na temi topologije u teoriji struna. Slično tome, uloga primijenjene matematike se ne ograničava samo na fiziku, već se proteže i do biologije te ekonomije. S druge strane, primjeri povezanosti disciplina se očito pojavljuju i u suprotnom smjeru. J. Nash, koji se ujedno bavio problemima diferencijalne geometrije, dobio je Nobelovu nagradu za ekonomiju, a R. Penrose je prvi matematičar koji je dobio Nobelovu nagradu za fiziku, za svoje doprinose razumijevanja singularnosti u crnim rupama i ranom Svemiru, omogućene korištenjem topologije i algebarske geometrije. Uzgred mogu napomenuti da će mi uvijek ostati u sjećanju predavanja o spinorima i tvistorima, pod veoma ljubaznim vodstvom Penrosea, koja sam pohađao prije tri desetljeća na matematičkom institutu sveučilišta u Oxfordu, a koja su mi dala uvid u ljepotu primjene geometrije na fiziku [1]. Konačno, da dovršimo ovu kratku crticu o vezi matematike i fizike, samo postavljanje temelja opće teorije relativnosti omogućeno je na temelju pomoći koju je Einstein primio u bavljenju tenzorskim računom te geometrijom Riemanna i Riccija od strane svojih prijatelja, M. Bessa i M. Grossmanna.

Govoreći o svome radu iz područja matematičke fizike, moglo bi se reći da sam donekle inženjer znanstvenih radova, kako me nazivaju neki moji prijatelji zbog velikog broja radova koji još uvijek objavljujem ([2] daje popis nekih nedavnijih radova). Međutim, važno je istaknuti da broj radova sam po sebi ne govori mnogo - primjerice, dobitnici Nobelove nagrade ili Fieldsove medalje u pravilu nemaju mnogo radova, već uglavnom nekoliko njih koji su veoma utjecajni. Većina mojih nedavnih radova bavi se problemom kiralnost u kozmologiji, gravitaciji i elektromagnetizmu. Ovdje također treba ukazati na to da je proučavanje kiralnosti uvelike potaknuto istraživanjima u kemiji i biologiji - izučavanjem problema podrijetla života i kiralnosti bio-molekula. Uz to, u toku svojih četiri desetljeća istraživanja u fizici bavio sam se uglavnom teorijama unifikacije gravitacije i elektromagnetizma na temelju ekstenzije Riemannove geometrije zakrivljenog prostora, putem uvođenja koncepta Cartanove torzije, koje su prvi razvili Einstein i Cartan [4]. Ova teorija, izrasla iz pokušaja stvaranja jedinstvene geometrijske teorije gravitacije i elektromagnetizma, naziva se i apsolutnim teleparalelizmom ili "fernparalelizmom", kako glasi izraz koji je u njemačkom jeziku skovao Einstein za njezin opis [7]. Osnovna je ideja ovog pristupa da se prostor-vrijeme, a time i gravitacija, ne opisuje više samo na temelju zakrivljenosti, već i na temelju torzije: matema-

tiče veličine koja je vezana uz razliku u odabiru redoslijeda koordinata pri definiranju derivacije na zakrivljenom prostoru, a koja je u općoj teoriji relativnosti po definiciji uvijek jednaka nuli (tehnički, radi se o razlici između dviju mogućih kombinacija indeksa na koneksiji - veličini koja povezuje običnu derivaciju i potpunu derivaciju za zakrivljenom prostoru, kovarijantnu derivaciju). Ta su istraživanja prirodno vodila na daljnje ispitivanje svojstava kozmologije opisane putem Einstein-Cartanove teorije gravitacije. U tom kontekstu bavio sam se i pitanjem stvaranja magnetskih polja na temelju kiralnog efekta u Einstein-Cartanovoj kozmologiji. U tom pogledu treba svakako istaknuti suradnju ostvarenu s Davorom Palleom, velikim hrvatskim fizičarem koji je mnogo vremena proveo izučavajući Einstein-Cartanovu kozmologiju kao i fiziku čestica [5]. Neke matematičke rezultate vezane uz teleparalelizam kasnije smo primijenili i u kontekstu fizike čvrstog stanja.

Koncepcija ovog članka je sljedeća: u sekciji 2. prikazat ćemo glavne ideje vezane uz matematički formalizam korišten za opis magnetogeneze i kiralnih dinama. U sekciji 3. dotičemo se primjene Einstein-Cartanovog prostor-vremena na pitanje veze torzije i gravitacijskih valova, a na temelju podataka LIGO kolaboracije. U sekciji 4. diskutiramo primjenu kiralnih anomalija u crnim rupama i gravitacijskim valovima, kao i problem unifikacije elektrodinamike i gravitacije.

2 Problem magnetogeneze

Jedan od zanimljivih aktualnih problema fizike Svemira je pitanje odakle potječu magnetska polja koja ispunjavaju galaksije, a čini se i međugalaktički prostor. U cilju davanja odgovora na ova pitanja razvijeni su različiti modeli tzv. magnetskih dinama - mehanizama koji su u stanju da različite oblike energije pretvore u magnetsku energiju. Osobno sam se počeo baviti problemom magnetskih dinama u toku 2010, u kontekstu velikih skala Riemannove geometrije opće teorije relativnosti. Te godine objavio sam rad [6] nezavisno od D. Sokoloffa, koji se usmjerio na problem dinama malih skala Riemannove geometrije s hiperboličnom negativnom zakrivljenošću [7]. U navedenom radu pronašli smo egzaktno rješenje za jednadžbu magnetskog dinama na zakrivljenom prostoru Friedmannovih rješenja opće teorije relativnosti.

Nakon višegodišnjeg proučavanja magnetogeneze - odnosno načina na koji se može objasniti stvaranje magnetskih polja u Svemiru - primijetili smo da postoje veoma različiti načini na koje se može pristupiti ovoj temi. Možda su astrofizički najpoznatiji mehanizmi magnetogeneze oni koji dovode do pretvaranja hidrodin-

namičke energije gibanja plazme u magnetsku energiju. Poznati su i primjeri mehanizama električnih dinama, primjerice u crvenim patuljcima. Kada se uočilo da će do povećavanja magnetskog polja prirodno dolaziti u slučajevima povećanja gustoće magnetskih silnica odnosno magnetskog toka, nametnula se misao da bi se magnetska polja mogla znatno povećati i u gravitacijskom kolapsu ili čak u ranom Svemiru. Magnetogeneza u ranom Svemiru mogla bi se zgodno postići ako se pretpostavi da Svemir nije započeo u Velikom prasku, već da je u sadašnju fazu širenja prešao iz ranije faze skupljanja - kroz tzv. fazu kozmičkog odboja. Upravo me je ova misao motivirala na istraživanje magnetogeneze u okviru Einstein-Cartanove kozmologije. Naime, određeni modeli Einstein-Cartanove kozmologije upravo dovode do zamjenjivanja singularnosti Velikog praska kozmičkim odbojom - i stoga se čini prirodnim razviti modele magnetogeneze u okviru ove kozmologije. Slična geometrijska situacija koja se pojavljuje kod kozmičkog odboja, kod zvijezda ima važne posljedice po magnetogenezu, kao što je primijetio Trautman [8]. Ideja da bi se kozmičkim odbojem mogao riješiti problem singularnosti motivirao je J. Mgueija i S. Alexandera na rad na kvantnoj torziji, koja predstavlja promijenjenu topološku varijantu Einstein-Cartanove teorije. U sličnom duhu, rad na razmatranju odnosa između kvantne gravitacije i magnetskih dinama, koji potencijalno ukazuje na njihovu povezanost, nastavili smo radom na rotirajućim strunama koje igraju ulogu dinama [9]. Kao što je poznato, jedna od posljedica teorija struna je izbjegavanje singularnosti, budući da bi se singularnosti pojavljivala na susretu struna, no ne i u višim dimenzijama u koje su strune postavljene. Teorija struna je također korištena od strane Mavromatosa i njegove grupe na King's Collegeu u Londonu u istraživanju bariogeneze utemeljene na topološkim članovima i kinetičkoj teoriji s Kalb-Ramondovom torzijom [12]. Sve ove veoma zanimljive teme magnetogeneze sakupljene su u nedavno objavljenoj knjizi o Einstein-Cartanovoj magnetogenezi [10]. Osim toga, jedna od nedavnih tema istraživanja bila je i razrada modela u kojemu Einstein-Cartanova magnetogeneza dovodi do nesingularnog modela kozmičkog odboja.

Što se tiče uloge doprinosa torzije na ponašanje fizikalnih sustava, ona naravno najviše dolazi do izražaja kada je spinska gustoća ogromna, kao što se može zbivati u crnim rupama, o čemu je diskutirao Poplawski ([11]) i u ranom Svemiru, kada torzija doseže vrijednosti od oko $1MeV$. U kasnijim fazama razvoja Svemira torzija je uvelike potisnuta rapidnom ekspanzijom Svemira, koju nazivamo kozmičkom inflacijom. Kostelecky i njegova grupa postavili su ograničenje na vrijednost torzije od $10^{-31}GeV$.

Možemo zaključiti ovaj odlomak upućivanjem na to da je za istraživanje koz-

mologija koje uključuju odboj umjesto Velikog praska - te se ujedno bave problemom magnetogeneze - Einstein-Cartanova teorija od velikog značaja. Slična razmatranja se mogu primijeniti i na slučaj crnih rupa. Budući da znamo da spinska gustoća može stvoriti odboj oko točke koja se u općoj teoriji relativnosti pojavljuje kao singularnost, zanimljivo se pitati o rješenjima koja bi povezivala kvantnu torziju s problemom gravitacijskog kolapsa, dovodeći do nove jednadžbe za dinamiku. Rad na ovom pitanju je upravo u toku. Kvantna torzija i kvantizacija torzije također je razmotrena kao tema u [13]

3 Torzijska geometrija gravitacijskih valova

Letelier je pokazao da neutritri nisu spojivi s geometrijom zasnovanoj na simetriji translacija u prostor-vremenu (T_4 geometrija) [14]. U skladu s time, neutritri se mogu shvatiti kao izvor torzijskih valova. Takva razmatranja su primjerice bila istaknuta od Kuchowskog, u istraživanju neutritrske geometrije s torzijom [15]. Treba međutim istaknuti da premda neutritri mogu služiti kao izvor torzijskih valova, svi izvori torzijski valova nisu nužno neutritri. U tom kontekstu ističemo ideju za dobivanje gravitona bez mase u lineariziranom teleparalelizmu - gdje su ravninski polarizirana rješenja gravitacijskih valova proširena na teleparalelnu gravitaciju.

Teleparalelna gravitacija ograničava ukupnu Riemann-Cartanovu (RC) zakrivljenost, koja uključuje zakrivljenost i torziju, tako da iščezne. Na taj način, kako je ranije istaknuo Mavromatos, torzija djeluje kao jedino gravitacijsko polje. Razmotrimo sada RC zakrivljenost u lineariziranoj formi, pri čemu ćemo koristiti relativističke jedinice, tako da $c = 1$. Jednadžbe se tada mogu zapisati kao

$$R_{ijkl} = R^0_{ijkl} + \partial_i A_{jkl} - \partial_j A_{ikl} \quad (1)$$

pri čemu gornji indeks-0 označava komponente Riemannove zakrivljenosti, a indeksi poprimaju vrijednosti od 0 do 3. Objekti koji u gornjoj jednadžbi ne sadrže ovaj 0-indeks označavaju matematičke objekte Riemann-Cartanovog tipa. Iskoristavajući ograničenja T_4 geometrije slijedi

$$R_{ijkl}(\Gamma) = 0, \quad (2)$$

gdje je Γ RC koneksija iskazana u terminima Riemann-Christoffelovih simbola i

kontorcije. Uvrštavanje ovih izraza u jednadžbu (1) vodi nas na

$$R^0_{ijkl} = -\partial_i A_{[jkl]} + \partial_j A_{[ikl]} \quad (3)$$

Za Einstein-Cartanovu kontorciju možemo pisati

$$A_{[ijl]} = \varepsilon_{ijkl} \partial^k \phi \quad (4)$$

Uvrštavajući izraz (4) u (3) dobivamo

$$R^0_{ijkl} = -\partial_i \varepsilon_{jklp} \partial^p \phi + \partial_j \varepsilon_{iklp} \partial^p \phi \quad (5)$$

Budući da je Riemannova zakrivljenost simetrična u dva para indeksa dobiva se

$$R^0_{ijkl} \varepsilon^{ijkl} = 0 \quad (6)$$

Uvrštavanjem zadnjeg izraza u izraz (5) vodi nas na jednadžbu lineariziranoj skalarnog torzijskog vala. $\square \phi = 0$. Pri tome je $\square = \partial_i \partial^i$ d'Alambertov operator, definiran na isti način kao i na prostor-vremenu Minkowskog. Ovaj skalarni torzijski val predstavlja mod spina 0 za kontorciju. Razmotrimo sada komponente kontorcije koje su simetrične u posljednja dva indeksa dana s $K_{i(jk)}$, te pomoću njih izgradimo tenzorske perturbacije gravitacijskog vala dane s

$$g_{ij} = \eta_{ij} + h_{ij}, \quad (7)$$

gdje je η_{ij} ravna metrika Minkowskog, a h_{ij} su gravitacijske tenzorske perturbacije, tako da vrijedi $|h_{ij}| \ll 1$. Razmatrajući sada prvi red komponenata Riccijevog tenzora u RC prostor-vremenu

$$R^{(1)}_{ij}(\Gamma) = R^{0(1)}_{ij} - \partial_j K^l_{il} + \partial_i K^l_{jl} \quad (8)$$

Pretpostavka T_4 simetrije osigurava da iščezavanje RC zakrivljenosti vodi na to da se prethodna jednadžba svodi na

$$R^{0(1)}_{ij} = \partial_j K^l_{il} - \partial_i K^l_{ij} \quad (9)$$

Sada izabiremo baždaranje kontorcije na sljedeći način: $K^l_{il} = 0$. Značenje navedenoga je da trag kontorcije iščezava. Na temelju toga dobivamo:

$$R^{0(1)}_{ij} = -\partial_i K^l_{ij} \quad (10)$$

Na temelju upotrebe odgovarajućeg Lorentzovog baždarnog uvjeta u lineariziranoj općoj teoriji relativnosti, Riemannov doprinos u prvom redu perturbacije može se zapisati kao

$$R^{0(1)}_{ij} = -\frac{1}{2}\square h_{ij} \quad (11)$$

Uvrštavajući ovaj izraz u jednadžbu (10) dovodi do

$$\square h_{ij} = 2\partial_l K^l_{ij} \quad (12)$$

Ova jednadžba zapravo pokazuje da gravitacijski val u lineariziranoj teleparalelnoj gravitaciji ima divergenciju kontorcije kao izvor gravitacijskih valova. Radi se o propagirajućem modu spina 2 čiji je izvor u divergenciji torzije. Neville je prije mnogo godina pokazao da bi torzija povezana sa spinom 2 imala kontaktnu spin-spin interakciju, kao što je slučaj u Einstein-Cartanovoj gravitaciji. Međutim, ovo nije slučaj ovdje, budući da je - kao što će biti pokazano na kraju ove sekcije - kontorcija propagirajuća. Valna jednadžba za skalarnu torziju može se također izvesti u teleparalelnoj verziji ostalih teorija koje uključuju propagirajuću torziju, kao što je pokazano u teoriji koju su diskutirali Hojmann i suradnici [14], a pri čemu su koristili skalarni torzijski potencijal. U slučaju ove teorije, u režimu aproksimacije ravnog prostor-vremena, gdje vrijedi $g_{ij} \approx \eta_{ij}$, može se pisati

$$R^i_{jkl}(\Gamma^*) = [\eta_{jl}\partial^i\partial_k\phi - \delta^i_l\partial_j\partial_k\phi + \delta^i_k\partial_j\partial_l\phi - \eta_{jk}\partial^i\partial_l\phi]. \quad (13)$$

Kontorciju sada zapisujemo na sljedeći način

$$K^i_{jkl} = \varepsilon_{jkli}\partial^i\phi \quad (14)$$

Ricci-Cartanov skalar vodi pak na

$$R(\Gamma^*) = \square\phi \quad (15)$$

(pri čemu podsjećamo da ovdje rabimo relativističke jedinice u kojima vrijedi $G = c = 1$.) Još jednom, zahtijevamo da ovaj zadnji izraz iščezne kako bi se ispunio uvjet teleparalelnosti. Iz toga proizlazi

$$\square\phi = 0 \quad (16)$$

Ova valna jednadžba za skalar kontorcije reprezentira torzijsko polje spina 0. Razmotrimo sada najjednostavniji slučaj gdje skalarno polje nije prisutno. U tom kon-

tekstu, moguće je procijeniti amplitudu perturbacija preko kontorcije. Ovo nam omogućava da zapišemo izraz za Riemannov tenzor zakrivljenosti preko kontorcije. U ovoj ćemo sekciji pokazati da je vektor $K = \rho_0 v_0 \times \Omega_0$ zapravo torzijski vektor. Riemannov tenzor zakrivljenosti je

$$R^a{}_{0b0}(g) = \partial^a K_{0b0} - \partial_0 K^a{}_{b0} \quad (17)$$

pri čemu g predstavlja Riemannov metrički tenzor, a indeksi poprimaju sljedeće vrijednosti (a,b=1,2,3). Pretpostavljajući da je kontorcija samo funkcija vremena, Riemannova zakrivljenost postaje

$$R_{a0b0}(g) = -\frac{1}{2}\ddot{h}^{TT} = -\partial_0 K_{ab0}. \quad (18)$$

Na temelju ove jednadžbe možemo iskazati kontorciju u terminima akceleracije TT moda perturbacije metrike na sljedeći način

$$\frac{1}{2}\ddot{h}^{TT} = \partial_0 K_{ab0}. \quad (19)$$

Sada možemo odrediti tenzor gravitacijskih valnih perturbacija integrirajući tenzor kontorcije

$$h^{TT} = 2 \int K_{ab0} dt \quad (20)$$

Uvrštavajući ovaj posljednji izraz u jednadžbu za pseudo-tenzorsku energiju polja gravitacijskog vala [15]

$$t^{GW}_{ij} = \frac{1}{32\pi} \langle h^{TT}_{ab,i} t^{TTab}{}_{,j} \rangle \quad (21)$$

vodi nas na

$$t^{GW}_{00} = \frac{1}{32\pi} \langle K^2 \rangle, \quad (22)$$

pri čemu

$$K^2 = K_{ab0} K^{ab0}. \quad (23)$$

Jednadžba za pseudo-tenzor energije gravitacijskog vala može se direktno dobiti na temelju izraza raspisanih u [14] za energijsku gustoću

$$t_{ij} = h_i^A j_A j + \frac{1}{4\pi} \Gamma^l{}_{ik} S_l^k{}_{,j}, \quad (24)$$

gdje j_{Ai} predstavlja baždarne struje, a (A,B) su indeksi tetrađa. Sada ćemo se posvetiti lineariziranoj teleparalelnoj teoriji i propagaciji gravitona spina 2, odnosno

gravitacijskog vala, duž z-osi. Svojstvena udaljenost u $x - y$ ravnini je dana kao

$$dt^2 = [(1 + h^{TT}_{xx})dx^2 + (1 - h^{TT}_{yy})dy^2 + 2h^{TT}_{xy}dxdy] \quad (25)$$

pri čemu su komponente perturbacije metrike

$$h^{TT}_{xx} = -h^{TT}_{yy} = A_+ e^{-i\omega(t-z)} \quad (26)$$

$$h^{TT}_{xy} = A_X - h^{TT}_{yy} = A_+ e^{-i\omega(t-z)} \quad (27)$$

Komponente Riemannove zakrivljenosti su dobivene na temelju zahtjeva za iščezavanjem RC zakrivljenosti

$$R^0_{1310} = [\partial_3 K_{110} - \partial_1 K_{310}] = \frac{\omega^2}{2} A_+ e^{-i\omega(t-z)} \quad (28)$$

i

$$R^0_{1323} = [\partial_3 K_{110} - \partial_1 K_{310}] = -\frac{1}{2} \ddot{h}_X. \quad (29)$$

Analogni izrazi za h_+ mod propagacije, omogućavaju nam provedbu narednih računa. S ciljem da pokažemo kako kontorcija može propagirati kao mod spina 1, upotrijebit ćemo sljedeći jednostavni zaključak. Na temelju izraza

$$R^0_{2020} = -\partial_3 K_{220} = -\frac{1}{2} \ddot{h}_+ \quad (30)$$

$$R^0_{2320} = \partial_3 K_{220} = -\frac{1}{2} \ddot{h}_X \quad (31)$$

iz posljednje dvije jednadžbe možemo dobiti

$$(\partial_0^2 - \partial_3^2) K_{220} = 0, \quad (32)$$

iz čega onda slijedi

$$\square K_{220} = 0, \quad (33)$$

što znači da

$$\square K_{ijk} = 0, \quad (34)$$

kao što se može jednostavno provjeriti. Razmotrimo sada samo sljedeće komponente

$$\square A_{ijk} = \varepsilon_{ijkl} \square A_l = 0, \quad (35)$$

iz čega slijedi

$$\square A_l = 0. \quad (36)$$

Navedeno pokazuje da se spin 1 kontorcije propagira na temelju valne jednadžbe. Ovo je analogno elektromagnetskoj valnoj jednadžbi. Foton je također čestica bez mase spina 1.

Posvetimo se sada glavnom rezultatu ovog rada i izračunajmo naprezanje koje gravitacijski val stvara na detektoru zbog utjecaja kontorcije. Na temelju toga možemo istražiti i osjetljivost detektora gravitacijskih valova kada služi kao detektor torzije. Pokazat ćemo da se naši rezultati veoma dobro poklapaju s rezultatima LIGO kolaboracije u pogledu naprezanja detektora. Vratimo se u tu svrhu na izraz

$$\partial_0 K_{123} = -\frac{\ddot{h}_X}{2} \quad (37)$$

Integrirajući posljednji izraz po vremenu dobivamo

$$K_{123} = -\frac{i\omega}{2} A_X e^{-i\omega(t-z)} \quad (38)$$

uzimanjem imaginarnog dijela ovog rješenja dobiva se

$$Im(K_{123}) = -\frac{A_X}{2} \omega \cos(\omega(t-z)). \quad (39)$$

Kada torzija prođe kroz prsten čestica bez spina, perturbacija tog prstena u $x - y$ ravnini iznosi

$$\delta l_X = -\frac{A_X}{2} l \cos \omega(t-z) \quad (40)$$

Usporedba između jednadžbi (39) i (40) implicira

$$\omega \frac{\delta l_X}{l} = Mod[Im(K_{123})] \quad (41)$$

gdje Mod označava apsolutnu vrijednost. Uzimajući u obzir frekvenciju $\omega = 10^{-3} Hz$ i vrijednost koju je Nitsch dobio za kontorciju na površini Zemlje $K_{123} = 10^{-24} s^{-1}$, te uvrštavajući navedeno u jednadžbu (41), naprezanje prstena iznosi

$$\omega \frac{\delta l_X}{l} = 10^{-21} \quad (42)$$

što je točno ista vrijednost koju je dobila LIGO kolaboracija [19]. Drugi tipovi naprezanja detektora mogu biti dobiveni izborom druge komponente kontorcije, primjerice $K_{023} = A_1$. U ovom slučaju prostorna komponenta kontorcije na po-

vršini Zemlje je izračunata od strane Rumpfa [15]

$$Im(A_1) = 10^{-15} s^{-1}, \quad (43)$$

$10^{-3} Hz$ vodi na najbolju procjenu od 10^{-12} za naprezanje detektora izazvano gravitacijskim valovima. Ako se razmotre gravitacijski valovi prilikom gravitacijskog kolapsa, onda za frekvenciju $10^4 Hz$ [16] imamo

$$Im(A_1) = 10^{-11} s^{-1} \quad (44)$$

što dodatno poboljšava naš rezultat.

4 Einstein-Cartanova unifikacija gravitacije i elektromagnetizma

U ovoj sekciji kratko ćemo komentirati mogućnost geometrijskog dobivanja Maxwellovih jednažbi. To je moguće na temelju njihovog ugrađivanja u Riemann-Cartanovu metriku kao diferencijalnih jedno-formi sljedećeg tipa $B = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{x}$, na sljedeći način

$$ds^2 = (dt + B)^2 - d\mathbf{x}^2. \quad (45)$$

Jednostavna je vježba pokazati da se Maxwellove jednažbe mogu izvesti iz ove metrike. Za detalje ovog ugrađivanja elektromagnetizma u metriku na Riemann-Cartanovom prostor-vremenu, čitaoca upućujemo na referencu [17]. Ovaj nas tip tehnike vodi na novi tip jednostavne unificirane teorije u duhu Einsteina, a na temelju teleparalelizma. Jednažbe kozmičkih dinama s torzijom također mogu biti izvedene na temelju ove metode. Važnost eksperimenata kao što su LIGO i WMAP pokazuje se i u tome što nam oni mogu omogućiti proračun fluktuacija inflacije iz torzijskih fluktuacija, kao što je nedavno pokazano u [18].

5 Zahvale

Volio bih se zahvaliti Odylio Aguiaru i J.G. Pereiri na mnoštvu inspirirajućih diskusija vezanih uz teme ovog rada. Veoma mnogo dugujem svojoj ženi, Ani Pauli Teixeira Araujo, za neprekidnu potporu i strpljenje tokom vremena u toku kojega je ovaj kratki rad bio pripreman. Veoma sam zahvalan F. W. Hehlu, Yu N. Obukhovu, N.M Mavromatosu, P. Pavloviću i R. Hammonu - prijateljima i suradnicima koji su obogatili moje znanje torzijskih teorija. Srdačno sam zahvalan na financijskoj podršci državnog sveučilišta Rio de Janeiro (UERJ).

Literatura

- [1] R Penrose, Differential topology techniques in Relativity, SIAM (1967). J Nitsch, in *Cosmology and Gravitation: Spin Torsion Rotation and Supergravity* (1980) Eds P G Bergmann and V de Sabbata, Plenum press New York.
- [2] L Garcia de Andrade, *Class and Quantum Gravity* 18, No 18, 3907 (2001). L Garcia de Andrade, Chiral anomalies and helical dynamos in non-Riemannian spaces, *Can J Physics*, in press (2020). L C Garcia de Andrade, *Cosmic Magnetism in Modified theories of Gravity* (2017) Editions Europeans universitaires, Berlin. L C Garcia de Andrade, *J Cosmology and Astroparticles* (2014).
- [3] F W Hehl, *Phys Lett* 36 A(1971) 225. C Laemmerzahl, *Phys Lett A* 228 A (1997).
- [4] E Cartan, *Sur les equations de la gravitation d'Einstein*, (1922) Paris, Gauthier-Villars. E Cartan, *Comptes Rendus (Paris)*, 174 (1922). E Cartan, *Ann Inst Henri Poincare* (1922). For a historical perspective see A Einstein and E Cartan, *Letters on Absolute Parallelism* (1987) Ed R Debever, Ed Princeton University Press.
- [5] D Palle, On the anomalous CP violation and non-contraction of the physical space, *Acta Phys Polonica B*, 43 (2012) No 8, page 1723. D Palle, On the chirality of vorticity in Einstein-Cartan universe, *Entropy* 14 (2012) 958. D Palle, *Eur Phys J C* 69, 581 (2010).
- [6] L C Garcia de Andrade, *Astrophys and Space Sci.* (2010). A Einstein, *Mathematischen Annalen* Bd 102, (1930) p.685. and Weitzenboeck *Sitzungsberichte Preuss Akademie of Wissenschaften* (1928) p.466.
- [7] D Sokoloff, *GAFD* (2010).
- [8] A Trautman, *Nature*, physical sciences (1973).
- [9] L Garcia de Andrade, Chiral and non-chiral spinning string dynamos sourced by quantum torsion, *Annals of Physics* (2021) vol 436, 168666. L G de Andrade, *Annals of Phys (NY)* vol 434, (2021) 168660.
- [10] L Garcia de Andrade, Einstein-Cartan magnetogenesis and topological defects with chiral dynamos, (2021) Published by Lambert Acad Publications Latvia.

- [11] N Mavromatos, Torsion in string-inspired cosmologies and the universe dark sector, arXiv: 2111.05675v3 [hep-th] Nov 2021.
- [12] L C Garcia de Andrade, A left-chiral Goedel-like teleparallel universe with gravitational anomalies and dynamo action with torsional sources, Eur. Phys J Plus 136 (2021) no 9 , 956.
- [13] S Hojmann, M Rosenbaum, and M P Ryan, Phys Rev D 19,2 (1978) 430. P S Letelier, Phys Lett A (1975) 441.
- [14] V C Andrade and J G Pereira, Riemannian and teleparallel descriptions of the scalar field and gravitational interactions, Phys Rev Letters arXive gr-qc/9706070 v2. B Kuchowski, Phys Lett A (1974).
- [15] H Rumpf, in *Cosmology and Gravitation: Spin Torsion Rotation and Supergravity* (1980) Eds P G Bergmann and V de Sabbata, Plenum press New York. H C Ohanian, *Gravitation and spacetime*, Norton J wiley (1976).
- [16] H C Ohanian, *Gravitation and spacetime*, (1976) norton and J Wiley.
- [17] L G de Andrade, *Class and Quantum Gravity* 38, (2021). V de Sabbata and C Sivaram, *Spin and Torsion in Gravitation*, world Scientific (1995). I Shapiro, *Physical aspects of space-time torsion*, Phys Reports 357, 113 (2002).
- [18] L Garcia de Andrade, *Dynamo seeds and Gravitational waves in teleparallelism*, in pres Can J Phys, (2021).
- [19] Abbott et al , *Laser Interferometer gravitational wave observatory (LIGO) collaboration*

Uvod u probleme teorijskog računarstva

=====*Ivan Radiček*=====

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode

ivan.radicek@icpn.hr

Danas su računala u nekom obliku dio gotovo svakog električnog uređaja, od običnih stolnih računala do mobitela, “pametnih” satova i automobila. No, još i važnije, računala se u raznim oblicima danas koriste u mnogim prirodnim znanostima — od dokazivanja teorema u matematici do računalnih simulacija u fizici, biologiji i kemiji. Posebice zbog tog svojeg značaja u znanosti, nužno je istraživanje i promišljanje o računalima.

Temeljnim pitanjima računala bavi se teorijsko računarstvo, grana matematike kojoj je cilj precizno definirati i analizirati pojmove računanja, algoritma, programskih jezika i sl. Na prvi pogled se može činiti čudno da matematika ima veze s računalima, no da bi se bilo koja ideja bolje razumjela potrebno je shvatiti kontekst njezina nastanka.

Naime, računarstvo je nastalo prije pojave digitalnih računala kao matematički alat potreban za rješavanje nekih kontradikcija u samim temeljima matematike, tj. preciznije kao odgovor na pitanje što se uopće može izračunati? No kako se kao dominantna struja matematike isprofilirala ona logičko-formalistička, tako je i samo računarstvo ostalo zakopano u mulju formalizma iz kojega se nikada nije izvuklo.

Usprkos takvim skromnim temeljima, danas postoji tendencija mistifikacije računala od strane raznih interesnih skupina, koje uključuju i znanstvenu zajednicu. To se najbolje vidi na primjeru tzv. umjetne inteligencije, odnosno ideje da računalo može simulirati ljudski um i misao. Stoga je važno promotriti teoriju računarstva kritički, bez znanstvenih dogmi i mistifikacija.

1 Kriza temelja matematike

S pregledom začetka teorijskog računarstva krećemo na početku 20. stoljeća, u vremenu kada je matematika tražila svoje temelje te ih se pokušalo postaviti i izučavati unutar same matematike. Kod pokušaja gradnje takvih temelja javili su

se razni paradoksi, među kojima je jedan od najpoznatijih Russellov paradoks [1], koji je dobio ime prema Bertrandu Russellu.

Russellov bi se paradoks mogao ilustrirati na primjeru brijača koji živi u nekom gradu i brije samo i jedino stanovnike toga grada koji se ne briju sami — paradoks se uviđa kada se postavi pitanje brije li brijač samoga sebe? Formalno, taj paradoks se izražava kroz definiciju skupa R kao skupa svih skupova koji nisu članovi sami sebe. Ako je R član samog sebe tada to po definicije nije, a ako pak nije onda bi to po definiciji trebao biti.

Važno je napomenuti da se u to vrijeme matematika izučavala kroz teoriju skupova, a teorija skupova je temelj dominantne formulacije matematike uopće i danas. Stoga nije čudno da su se i paradoksi, kao gore diskutirani Russellov, promatrali baš kroz tu teoriju.

Prirodno se nameće i pitanje: ako je teorija skupova i danas temelj matematike, kako se onda riješio Russellov paradoks? Paradoks se samo zaobišao tako da se u nekom obliku dodalo pravilo da ne postoji *skup svih skupova*, pa samim time više nije moguće definirati skup iz paradoksa.¹

Oko problema temelja matematike sukobile su se različite škole mišljenja među kojima su najpoznatije bile intuicionistička, predvođena filozofom i matematičarom Luitzenom E. J. Brouwerom i formalistička predvođena matematičarom Davidom Hilbertom.² Ovdje ne možemo i nećemo ulaziti u detalje navedenih škola, no spomenut ćemo, pošto je važno za daljnji tijek priče, da formalisti smatraju da su matematički teoremi samo posljedica manipuliranja formulama na strogo definiran način, a odbijaju se zamarati bilo kakvim sadržajem, filozofijom ili razmišljanjem o značenju matematike mimo te *igre formula*.

Žalosno je da takav formalistički pogled na matematiku prevladava i u današnjem obrazovnom sustavu, skoro na svim razinama. Tako se učenicima bez ikakvog konteksta prezentiraju razne gotove formule s kojima treba računati prema zadanim pravilima.

Jedna od posljedica takvog učenja je nezainteresiranost mlađih učenika za matematiku, jer je vide samo kao niz napamet naučenih formula za koje samo treba pogađati koja formula je ispravna za koji zadatak na testu ili u domaćoj zadaći. Isto tako, te matematičke formule se prezentiraju kao neupitne istine koje su pale s neba, a određeni (povlašteni) matematičari su na njih naišli i otkrili ih. Istina je da većina matematičkih teorija nastaje iz praktičnih potreba drugih prirodnih

¹ Formalno gledano dodao se novi aksiom u teoriju skupova kojim je ograničena vrsta skupova koji se mogu definirati. O aksiomima će biti nešto više rečeno niže.

² Možemo spomenuti i ranije logičiste na čelu s matematičarom, logičarom, i filozofom Gottlobom Fregeom.

znanosti te kroz svoj razvoj neprestano prolazi kroz niz iteracija i transformacija, a taj put matematičke teorije je često zanimljiviji od trenutno važećih formula. Na kraju, posljedica toga je i da se nigdje ne diskutira o problemima i ograničenjima matematike kao alata u izučavanju prirodnih znanosti.

Da bi se razriješla spomenuta kriza matematike, Hilbert predlaže program [2] s nizom zahtjeva i ciljeva koji bi trebali čvrsto definirati temelje matematike. Osnovni zahtjev je da se svaka matematička tvrdnja mora zapisati pomoću formalnog jezika, odnosno niza precizno definiranih simbola, a tim nizovima simbola se može manipulirati samo strogo definiranim pravilima.

Tada se neka matematička teorija definira na način se postave njezini aksiomi, tzv. evidentne istine koje se ne dokazuju, a bilo koji teorem unutar te teorije se dokazuje izvođenjem iz aksioma manipulacijom formula definiranim pravilima. Matematička tvrdnja je općenito neka matematička formula koja može biti istinita ili neistinita u kontekstu neke matematičke teorije, a teorem je tvrdnja dokazana iz aksioma te se onda smatra istinitom u kontekstu te matematičke teorije.

Primjer matematičke teorije ćemo prodiskutirati na pojednostavljenom primjeru teorije prirodnih brojeva [3] koju je, između ostalih, definirao Giuseppe Peano. Neki od aksioma s kojima možemo definirati prirodne brojeve su: (i) 0 je prirodni broj, (ii) za svaki prirodni broj n , $n + 1$ je isto prirodni broj, (iii) za sve prirodne brojeve n i m , $n = m$ vrijedi ako i samo ako vrijedi $n + 1 = m + 1$, (iv) za niti jedan prirodni broj n ne vrijedi $n + 1 = 0$, i (v) ako neka tvrdnja vrijedi za 0 i ako pretpostavljajući da tvrdnja vrijedi za n možemo dokazati da vrijedi i za $n + 1$, tada ona vrijedi za sve prirodne brojeve (princip matematičke indukcije). Primjeri tvrdnji koje možemo pokušati dokazati su $x + (y + z) = (x + y) + z$ (asocijativnost), $1 + \dots + n = \frac{n \cdot (n+1)}{2}$, a nakon što ih dokažemo te tvrdnje možemo smatrati i teoremima. Podsjećamo, da bi neku tvrdnju dokazali, potrebno je počevši od aksioma i koristeći samo dozvoljene logične korake doći do željene tvrdnje.

Matematička se teorija smatra *konzistentnom* kada se ne mogu dokazati kontradiktorni teoremi, kao što je npr. $2 + 2 = 5$ za cijele ili prirodne brojeve. S druge strane, teorija se smatra *potpunom* ako se svaki ispravan teorem može dokazati unutar teorije. Između ostaloga, važni ciljevi Hilbertovog programa su bili dokazati da su matematičke teorije konzistentne i potpune, unutar same matematike, odnosno koristeći upravo definirana formalna pravila.

Hilbert je u svojem programu definirao još jedan cilj, koji je i najzanimljiviji za naše razmatranje, a to je *odlučljivost* (u originalu *Entscheidungsproblem* [4]), odnosno definicija *algoritma* koji bi za bilo koju matematičku tvrdnju izračunao (odlučio) *da* ili *ne*, ovisno o tome li se ta tvrdnja može dokazati iz teorema. Napomi-

njemo da je to bilo vrijeme kada pojmovi algoritma i računala još nisu bili definirani.

2 Pojam algoritma i izračunljivosti

Prvi udarac Hilbertovom programu zadao je Kurt Gödel sa svoja dva poznata teorema o nepotpunosti (engl. incompleteness) [5]. U oba se teorema pretpostavlja konzistentna matematička teorija koja uključuje barem dio osnovne aritmetike. Tada teoremi kažu³ da takva teorija: (i) ne može biti potpuna, odnosno postoje tvrdnje za koje se ne može dokazati ni da su valjane (istinite) niti da su nevaljane unutar te teorije, i (ii) ne može dokazati svoju konzistentnost.

Zanimljivo je da je Gödelov inicijalni cilj bio dokaz Hilbertovog programa, ali, iako to ne prihvaća cijela matematička zajednica, ovi teoremi su pokazali da program, kada traži formalizaciju te potpunu i konzistentnu aksiomatizaciju sve matematike, nije moguć.

No, ovo još nije riješilo pitanje izračunljivosti, odnosno toga što se može efektivno (ručno, mehanički) izračunati, ponajviše jer nije postojao konsenzus što to uopće znači. Prvi je Gödel 1933., uz pomoć Jacquesa Herbranda, kao model izračunljivih funkcija definirao tzv. *rekurzivne funkcije*, gdje se pomoću jednostavnih funkcija i operacija grade kompleksnije funkcije. Iako nećemo ulaziti u detalje rekurzivnih funkcija, ovdje je važno napomenuti da se pojam izračunljivosti od početka promatrao kroz pitanje *koje matematičke funkcije nad prirodnim brojevima se mogu izračunati?*

Nakon rekurzivnih funkcija, 1936. Alonzo Church predlaže λ -račun [6] kao model izračunljivih funkcija. λ -račun opisuje formalan sustav računanja baziran na operacijama apstrakcije (definiranja funkcije) i supstitucije (aplikacije funkcije) te se taj sustav može vidjeti kao preteča računalnih programskih jezika funkcijskog tipa.

Iste godine, neovisno o Churchovom rezultatu, Alan Turing definira svoj univerzalni stroj [7], danas poznat kao Turingov stroj, kao još jedan model izračunljivosti. Turingov stroj je opisan kao mehanički stroj koji prima ulazne podatke, ispisuje izlazne podatke (rezultat), posjeduje svoje unutarnje stanje (konfiguraciju) te u svakom koraku svojega rada, ovisno o ulaznim podacima i trenutnom stanju, mijenja svoje stanje i po potrebi ispisuje rezultat. Zanimljivo je primijetiti da se upravo na ovakvom modelu računala temelji arhitektura današnjeg računala, ako

³Ovi opisi su neformalne naravi, pošto potpuni opis zahtjeva dosta tehničkog žargona, no dovoljni za naša razmatranja.

kao ulazne podatke uzmemo primjerice tipkovnicu i miš, kao izlazne podatke ispis na monitoru, unutarnje stanje stroja njegovu memoriju, a opis rada algoritam ili računalni program.

Church i Turing su pokazali, svatko u svojem modelu, da nije moguće definirati algoritam koji bi računao ispravnost matematičkih tvrdnji te su time zadali i konačan udarac Hilbertovom programu. No, može se postaviti pitanje koji je od ovih modela izračunljivosti onaj pravi i kako znamo da se neće pojaviti neki novi u kojem bi se mogla definirati odlučljivost matematičkih tvrdnji?

Već je Turing uvidio da su njegov stroj i λ -račun ekvivalentni, a John Barkley Rosser je formalno pokazao da su sva tri modela ekvivalentna, odnosno da rekurzivne funkcije, λ -račun i Turingov stroj računaju potpuno identične funkcije nad prirodnim brojevima.

Pošto su se ovi modeli pokazali ekvivalentnima, a nije postojao novi model koji bi računao neki drugi skup funkcija, Church-Turingova teza kaže da oni predstavljaju model izračunljivosti, odnosno da izračunljive funkcije jesu one i samo one koje se mogu računati s ovim modelima. Danas se ta teza smatra manje-više istinitom te je više nitko i ne propitkuje.

Usput možemo spomenuti da se ova teza pokušala preslikati na fiziku i filozofiju. Glavna ideja je da se Priroda i ljudski um mogu smatrati sofisticiranim računalnim procesima koje onda računala mogu simulirati te se čak uvode pojmovi kao *digitalna fizika* i *digitalna filozofija*.⁴ Tako je, na primjer, britanski fizičar David Deutsch 1985. iznio tezu [8] da bi univerzalno računalo moglo simulirati svaki fizikalni proces.

Već je na prvu jasno da su ovakve teze neznanstvene, jer ni jedna znanost ne smije padati pred dogmama i mišljenjem da je neka teorija ili ideja apsolutno razvijena. Isto tako je ovakav način mišljenja nazadan i s filozofskog gledišta. Već je grčki filozof Heraklit smatrao, a dalje je razvijeno kod Hegela, da je Priroda u stalnoj promjeni te se spoznaje kroz jedinstvo suprotnosti, nasuprot ovakvom mehanicističkom shvaćanju Prirode kao nekakvog stroja. Problematično je i naopako idealističko shvaćanje da se Priroda pokorava nekakvom prirodnom zakonu, a k tome još i zakonu modeliranom računalom.

Ovakvo mišljenje se u današnje vrijeme manifestira u pokušajima kreiranja umjetne inteligencije, odnosno svjesnog računalnog programa koji simulira ljudski um. Takvo nešto se čini teško zamislivo čak i redukcionističkim promatranjem ljudskog uma samo kao skupa neurona kroz koje prolaze električni impulsi, a mišljenje kao nekakve manifestacije tog elektro-mehaničkog procesa. Naime, mo-

⁴Za nešto više informacija vidi: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_physics.

žemo se pitati kako bi taj skup računalno simuliranih neurona odjednom postao svjestan? Znanstvenici i popularizatori umjetne inteligencije smatraju da takav skup neurona samo treba “*trenirati*” na ogromnoj količini podataka koji opisuju željeno ponašanje, a onda će se svijest manifestirati sama od sebe — vjerojatno kao kod Skynet sustava u popularnom serijalu filmova Terminator.

3 Formalna analiza računalnih programa

Nakon što su se osnove računarstva razvile iz potreba matematike, samo računarstvo je postalo dio matematike. Cilj te grane je ispitivanje svojstva računala i računalnih programa koristeći matematičke modele. Pri tome se računalnim programom može smatrati bilo koji formalno matematički način opisa računanja ekvivalentan λ -računu ili Turingovom stroju. Gotovo svaki današnji računalni programski jezik, s precizno definiranom semantikom, može se smatrati takvim te se za takve jezike i kaže da su Turing-potpuni (engl. Turing-complete).

Primjerice, za neki program možemo definirati matematičku tvrdnju koja kaže da kada taj program završi s izvršavanjem (računanjem) izračunati će broj 42, odnosno da će rezultat toga programa biti 42. Ako je taj program modeliran pomoću Turingovog stroja tada bi ta tvrdnja iskazivala da će Turingov stroj završiti s radom u nekom trenutku i da će na izlazu biti broj 42. Kada tu tvrdnju dokažemo tada ćemo reći da program ima svojstvo “*da uvijek računa broj 42*”.

U praksi se najčešće ispituju svojstva koja opisuju koje rezultate program izračuna za određene ulazne podatke (točnost izračuna), koje operacije obavlja tijekom računanja (da ne postoje tzv. “bugovi”), i koliko je vremena (ili memorije) potrebno za računanje (performanse).

Može se postaviti pitanje zašto nam je zanimljivo matematičko dokazivanje svojstva programa, tj. zar ne možemo jednostavno izvršiti program na računalu i vidjeti koji će biti rezultat? Jedan problem je što program može imati previše mogućih ulaznih podataka pa nije moguće izvršiti program za sve moguće ulazne podatke. Ovdje treba obratiti pažnju da koji god broj ulaznih podataka ispitali ne možemo biti sigurni da neki neispitani slučaj ne opovrgava svojstvo koje ispituujemo. Drugi problem je što bi htjeli svojstva programa znati i prije pokretanja, pošto pokretanje programa može biti nepraktično jer, na primjer, uključuje lansiranje rakete u svemir. S druge strane ako svojstvo dokažemo precizno matematički tada znamo da ono vrijedi za sve moguće ulazne podatke i bez pokretanja programa.⁵

⁵Preciznije bi bilo reći da tada znamo da to svojstvo vrijedi unutar apstraktnog matematičkog modela. Kako će to svojstvo odgovarati kod izvršavanja na stvarnom fizičkom računalu ovisi o tome koliko

Jedan od problema na koji ćemo naići kod ovakvoga razmatranja je da računalni programi mogu biti kompleksni te je stoga ručno (na papiru) matematičko dokazivanje praktično nemoguće. Tada se, slično kao i Hilbert, možemo zapitati da li nam računala tu mogu pomoći, tj. da li postoji algoritam koji bi izračunao da li neko svojstvo programa vrijedi ili ne (iako već znamo da to nije moguće za općenite matematičke tvrdnje)?

Turing je pokazao da to nije moguće za jedno specifično svojstvo koje se još naziva i *halting problem*, odnosno: “program će se izračunati u konačnom broju koraka”, tj. neće se izračunavati beskonačno dugo. Slično je Church pokazao da ne postoji algoritam koji bi odredio da li dva programa računaju istu funkciju, odnosno da će uvijek za isti ulazni podatak izračunati isti rezultat.⁶ Da li ova dva rezultata, koja govore o vrlo specifičnim svojstvima programa, govore ista o općenitom slučaju, tj. o općenitim svojstvima programa?

Na ovo pitanje potvrdno je odgovorio Henry Gordon Rice kada je pokazao da se algoritam za bilo koje netrivialno svojstvo⁷ računalnih programa svodi na halting problem te stoga na takva pitanja nije moguće odgovoriti algoritamski. [9]

Za kraj ćemo spomenuti jedno otvoreno (neriješeno) pitanje u matematici, a koje se isto tako može promatrati i kao problem u samom računarstvu. Ovaj primjer ilustrira kako naoko jednostavan problem kojeg može shvatiti i osnovnoškolarac može zadavati probleme i matematičarima i računalima.

Problem se sastoji od računalnog programa (ili funkcije) koji transformira prirodne brojeve. Ako je broj paran tada ga program podijeli s dva. Ako je pak broj neparan tada ga program množi s tri i dodaje jedinicu. Ova se transformacija ponavlja sve dok rezultat nije jedan. Formalno to možemo zapisati kao:

$$f(n) = \begin{cases} 1 & \text{ako } n = 1 \\ f(\frac{n}{2}) & \text{ako je } n \text{ paran} \\ f(3n + 1) & \text{ako je } n \text{ neparan} \end{cases}$$

Tada, na primjer, možemo računati $f(12) = f(6) = f(3) = f(10) = f(5) = f(16) = f(8) = f(4) = f(2) = f(1) = 1$. Svojstvo koje nas zanima kod ovog programa je da li, počevši od bilo kojeg prirodnog broja, ovo računanje završi u konačnom broju koraka s rezultatom 1? Problem je 1937. postavio, i naslutio da je odgovor pozitivan, matematičar Lothar Collatz, po kojem se ovaj problem i naziva.⁸

dobro apstraktni model opisuje ponašanje računala na zadanom svojstvu.

⁶Church i Turing su pokazali nepostojanje algoritma za odlučljivost matematičkih (logičkih) tvrdnji svođenjem upravo na ove probleme.

⁷Ovdje nećemo ulaziti u preciznu definiciju netrivialnog svojstava.

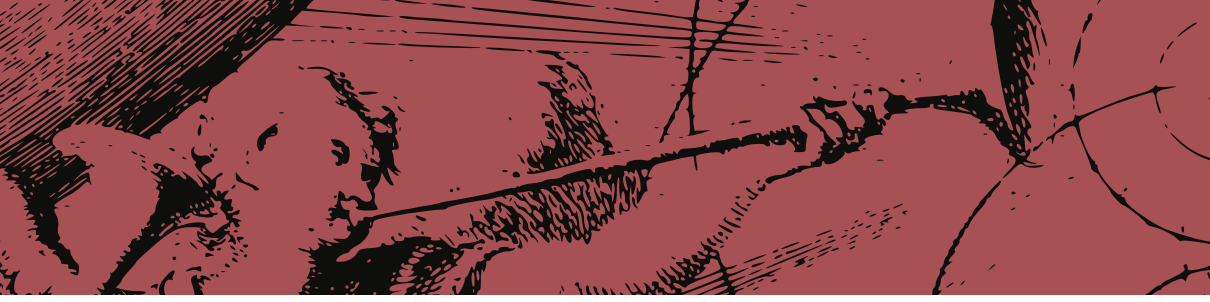
⁸Collatz nije ovaj problem postavio kao problem računalnog programa, ali je takav pogled na pro-

Direktnim računanjem pokazano je da ovaj program uvijek završava u jedinici za 2^{68} brojeva. No, do danas, iako se time bavio niz matematičara dugo vremena, nije matematički dokazano da to svojstvo vrijedi za sve cijele brojeve, niti je pronađena iznimka koja bi opovrgnula to svojstvo.

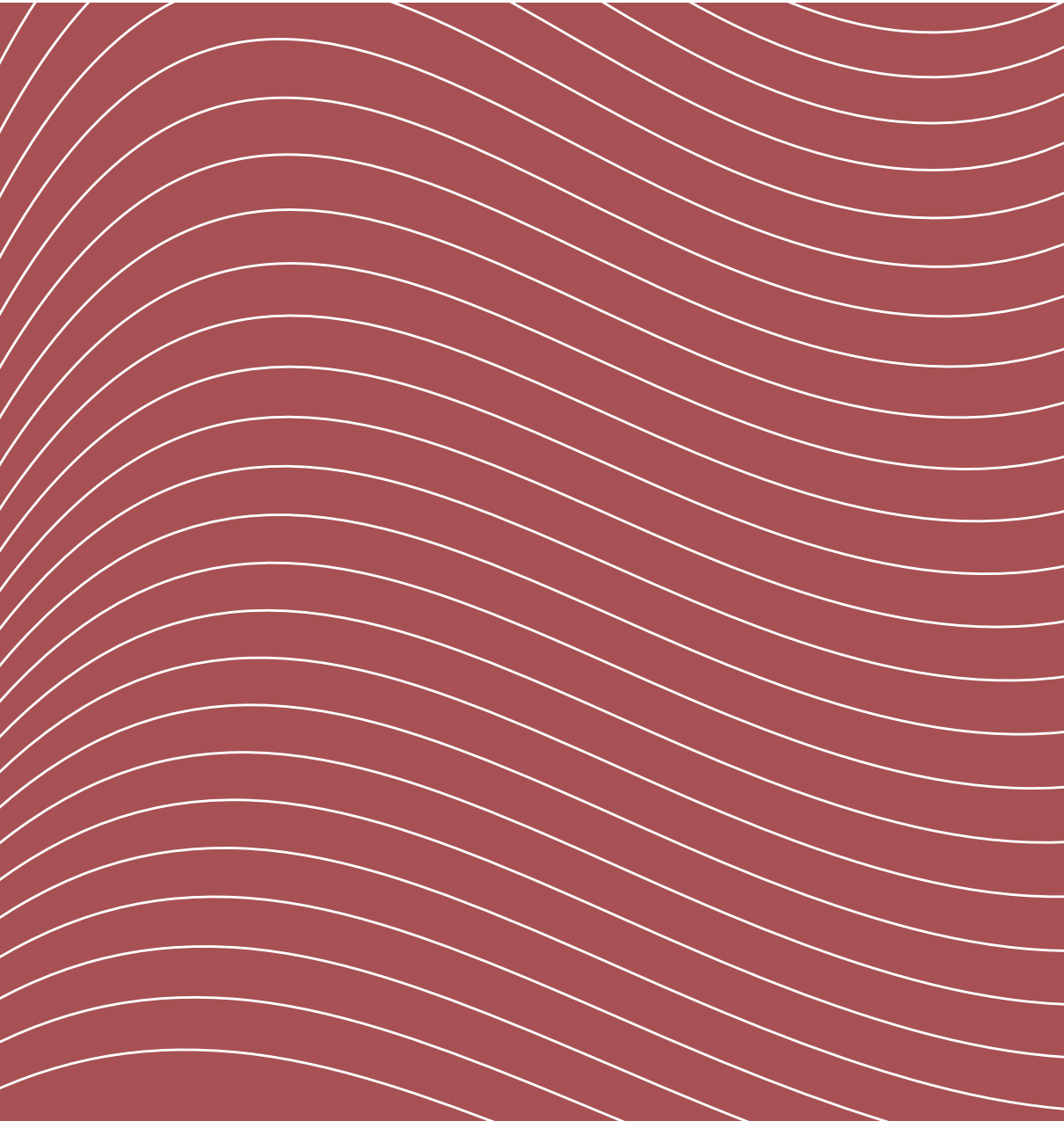
Literatura

- [1] Bertrand Russell, University Press, 1903, Principles of Mathematics
- [2] Neubegründung der Mathematik. Erste Mitteilung, David R. Hilbert, Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar der Universität Hamburg, 1, 157-177, 1922
- [3] Giuseppe Peano, Torino, 1889, Arithmetices principia, nova methodo exposita (The principles of arithmetic, presented by a new method)
- [4] Grundzuge der Theoretischen Logik, David Hilbert and Wilhelm Ackermann, 1928, Springer Verlag
- [5] 173–198, 1931, 38, 1, Monatshefte für Mathematik, Über Formal Unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica Und Verwandter Systeme I, Springer, K. Gödel
- [6] <http://www.jstor.org/stable/1968337>, Alonzo Church, Annals of Mathematics, 2, 346–366, Annals of Mathematics, A Set of Postulates for the Foundation of Logic, 33, 1932
- [7] Turing, Alan M., Proceedings of the London Mathematical Society, 42, 230–265, On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, <http://www.cs.helsinki.fi/u/gionis/cc05/OnComputableNumbers.pdf>, 2, 1936
- [8] Deutsch, David and Penrose, Roger, Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer, Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences, 400, 1818, 97-117, 1985,
- [9] H. G. Rice, Transactions of the American Mathematical Society, 2, 358–366, American Mathematical Society, Classes of Recursively Enumerable Sets and Their Decision Problems, 74, 1953, <http://www.jstor.org/stable/1990888>

blem zanimljiv iz perspektive našega razmatranja.



FILOZOFSKI PROBLEMI



Manifest za uspostavu Kozmologije kao nove Filozofije Prirode

=====*Redakcija*=====

1

Svrha je našeg djelovanja put prema spoznaji Svemira u njegovoj suštini. Kozmologija kao nauka koja se nastoji približiti toj suštini, iskazanoj kao povezanost i organizacija među svim pojavama u svijetu, po definiciji pred sobom ima cilj koji je apsolutan i najviši – jer svi ostali predstavljaju samo njegove posebne dijelove.

Zbog toga je kozmologija zapravo identična filozofiji prirode. Čovjek kao posebno biće Prirode predstavlja manifestaciju istih onih principa i tendencija koje postoje u čitavom Kozmosu, te se stoga – u svom odnošenju prema vanjskoj prirodi i prema samome sebi – potvrđuje kao mikrokozmos neraskidivo povezan s makrokozmosom. U tom pogledu, kozmologija u sebi nužno uključuje i antropologiju u smislu nauke o čovjeku, te je ona neizostavno humanistička – jer kao što samosvjesno čovjekovo biće postoji isključivo kroz odnos prema Svemiru, tako je i spoznaja Kozmosa akt koji se neodvojivo odvija u kontekstu čovjekove historije i psihologije.

Svako zaboravljanje ovog temeljnog uvida i apstrahiranje bilo od kozmološko-prirodnog, psihološkog ili historijskog konteksta znači upravo nemogućnost spoznaje same. Stoga kozmologija mora postojati kao univerzalna disciplina koja se izgrađuje na osovini ukupnog odnosa Čovjek – Kozmos, ili uopće ne može postojati kao nauka.

2

Spoznaja čitavog Svemira zahtijeva sintezu svih raznolikih i komplementarnih čovjekovih spoznajnih moći, njihovo kritičko korištenje i stalnu međusobnu provjeru. Time se put prema promišljanju iskona svih stvari i njegove manifesta-

cije kroz prirodni svijet uspostavlja kao organizirani sistem jedinstva mišljenja i prakse, dakle kao nauka u punom smislu riječi.

Kritička metoda posljedično slijedi iz beskrajnosti Prirode – koja dovodi do toga da se spoznaja ne može iscrpiti u jednom koraku, već može postojati jedino kao neprekidni progres koji se iskazuje kao slijed opovrgavanja i kritike ranijih stupnjeva znanja. Različita sredstva spoznaje otvaraju put različitim metodologijama i disciplinama kozmologije, koje se moraju ujediniti i promotriti u svojoj povezanosti.

Fizikalna kozmologija tako nastoji opisati Svemir teorijski – koristeći matematičke metode i modele, pri tome nužno polazeći od određenog skupa filozofskih pojmova i pretpostavki, a zatim i empirijski – pokušavajući putem eksperimenta isključiti određen skup fizikalnih modela ili paradigmi. Međutim, ona je neizbježno određena i ograničena svojim pojmovima i filozofskim pretpostavkama koje sama ne propituje, kao što su materija, prostor, vrijeme, mjerenje, masa, te se tako ne može ostvariti sama po sebi, iako predstavlja neizostavan alat u spoznaji Prirode.

S druge strane, spekulativna filozofija prirode kritički razmatra upravo temeljne pojmove i pretpostavke koje fizikalna kozmologija uzima kao date – uključujući i mogućnost opisa Prirode matematičkom metodom, bavi se problematikom odnosa teorije i eksperimenta, te kritički ocjenjuje same dosege i relevantnost rezultata fizikalne kozmologije. Ipak, bez živog odnosa prema materijalu koji joj pruža fizikalna kozmologija i bez ispitivanja konzistentnosti određenih filozofskih pretpostavki u odnosu naspram empirijskih sadržaja, spekulativna filozofija postaje neproduktivna i vodi do stanja karakteriziranog mnoštvom proizvoljnih misaonih koncepcija koje se ne mogu niti djelomično dokazati, a niti opovrgnuti.

Konačno, mitološka kozmologija na temelju korespondencije između Čovjeka i svijeta, odnosno, koristeći paralelizam određenih stanja i procesa iz vanjskog svijeta u unutrašnjem životu čovjeka, direktno uobličuje slike i simbole na temelju kojih poetskom i umjetničkom vizijom pokušava pružiti simboličke i intuitivne odgovore na temeljna kozmološka pitanja. U tom pogledu, materijali mitološke kozmologije od izuzetne su važnosti za razumijevanje temeljnog odnosa Čovjek – Svemir, time predstavljajući čvorište psihologije i fizike – dok istovremeno na temelju uočavanja pravilnosti svijeta u njegovom odnosu prema psihičkim procesima nerijetko uspijevaju intuitivno naslutiti važne istine o Prirodi. Unatoč toj važnosti mitološke kozmologije, ukoliko se njezini materijali ne stave u odgovarajući historijski, prirodoslovni i kritički kontekst, te se umjesto simboličkih sadr-

žaja shvate kao doslovne istine, utoliko postaju iracionalna zapreka razvoju spoznaje, vodeći u tamu praznovjerja i neznanja.

Puna sinteza teorijske i eksperimentalne fizikalne kozmologije, spekulativne filozofije prirode, te mitološke kozmologije, kritička analiza njihovih rezultata, dosega i ograničenja u cilju izgradnje sveobuhvatne nauke o Prirodi, moguća je samo u okviru filozofije prirode ili opće kozmologije koja predstavlja njihov zajednički medij i zajedničku osnovu.

3

Razvoj znanja o Prirodi pokazuje se kao istaknut moment historijskog kretanja te se radi toga nikako ne može promatrati van razvoja ljudskog društva, kao što se niti trenutni oblik opisa Prirode ne može shvatiti drugačije osim u odnosu prema svojim ranijim razvojnim stupnjevima i težnjom za uspinjanjem na nove stupnjeve u budućnosti. Stavovi koje zauzimamo o kozmologiji i približavanju spoznaji Svemira inspirirani su stoga najprije izučavanjem historijskih iskustava o razvoju ljudskog znanja, a ne vlastitim subjektivnim željama.

Prvi odnos čovjeka prema Prirodi kao općenitosti, a ne samo prema njezinim pojedinim dijelovima, bio je upravo odnos čovjeka prema zvjezdanom nebu, kretanjima nebeskih tijela i njihovim pravilnostima – što se zatim shvatilo u povezanosti s godišnjim ciklusima i pojavama na zemlji. Time je ostvarena prva i najvažnija spoznaja o svijetu kao univerzalnoj povezanosti bića na različitim stupnjevima – o Prirodi kao kozmosu, a ne kaosu. To nužno vodi na misao o univerzalnosti i nedjeljivosti ljudskog znanja koje je u stanju da spozna Svemir: jer ono što je parcijalno, zatvoreno i nepotpuno ne može spoznati Kozmos koji je jedinstvo.

U tim počecima spoznavanja svijeta čovjek još nije razvio kompleksnije kategorije razumskog mišljenja, a empirijski uvidi bili su ograničeni samo na neposredni čulni materijal. Međutim, postojanje samosvjesnog mišljenja, koje je upravo temeljno obilježje čovjeka, pitanja o vlastitom postojanju, njegovom smislu i odnosu prema Prirodi, zahtijevali su da se Svemir pokuša shvatiti odmah – na temelju onih mogućnosti koje su tada bile raspoložive. Time se razvilo mitološko mišljenje koje je na spojištu onoga što će postati umjetnost, psihologija i fizika – u mreži očitih paralela kao i skrivenih odnosa, te korespondencija između čovjekovih svjesnih i nesvjesnih dijelova bića i Prirode – razvilo zadivljujuće bogatstvo simboličkih prikaza i pouka o svijetu.

U nizu kompleksnih procesa koji su pratili razvoj ljudskog društva, ti su prikazi postajali osovine oko kojih su se formirali običaji te sustav vjerovanja orga-

niziranih religija – služeći društvenoj koheziji i stvaranju grupnog identiteta, ali i opravdavanju društvenog poretka te monopola i privilegija vladajućih skupina. Razvoj opisa svijeta na temelju kompleksnijih oblika mišljenja, te interes usmjeren prema specifičnostima odnosa između pojedinih dijelova Prirode, postepeno je dovodio do formiranja i odvajanja filozofskog mišljenja od mitologije. Time se kao najdublji i temeljni oblik mišljenja o Svemiru – budući da se u okviru ove discipline ne pretpostavlja ništa i da se svaka pretpostavka i stav dovodi u pitanje – razvila filozofija prirode, usko povezana s metafizikom i epistemologijom.

U toku višestoljetnog razvijanja filozofije prirode, interes je od cjeline bivanja i obilježja ukupnosti svih bića, postao usmjeren na određene predmete i njihova partikularna svojstva. U opisu prirodnih pojava kroz redukciju fenomena na cjeline koje se promatraju izdvojeno, posebno je učinkovitim postalo kvantitativno mišljenje koje stvari svodi na čisto apstraktne odnose koji proizlaze iz numeričkih usporedbi. Tako je matematičko mišljenje postalo temeljem empirijskih znanosti.

Velik uspjeh empirijskih znanosti u pronalaženju mnoštva raznovrsnih materijala i uvida o strukturi materije ubrzao je njihovo odvajanje od filozofije. Kako se međutim, po temeljnom svojstvu svijeta kao Kozmosa, niti jedna stvar ne može shvatiti izolirano od svih ostalih stvari, jer jedino kroz ukupnost odnosa prema svim ostalim stvarima ona postoji i poprima svoja svojstva, tako se odvajanjem empirijskih znanosti jedne od druge (npr. na fiziku, kemiju, biologiju), kao i njihovim daljnjim cijepanjem, odnosno specijalizacijom na još uže discipline, zajedno s njihovim ukupnim odvajanjem od filozofije, ne može ostvariti spoznaja svijeta. Iako je takvo odvajanje znanosti od filozofije prirode kratkoročno, u danom historijskom kontekstu, razumljivo - jer omogućava specijalizirano prikupljanje mnoštva empirijskog materijala, dugoročno ono onemogućava daljnji napredak svake pojedine znanosti. To je postalo pogotovo očito u toku prošlog i početkom ovog stoljeća gdje daljnji razvoj svake pojedine znanstvene discipline zahitjeva sintezu s ostalim disciplinama, te kritičko mišljenje i prevladavanje svojih vlastitih pretpostavki, a to znači upravo postojanje filozofije prirode.

Dati doprinos povratku empirijskih disciplina, obogaćenih višestoljetnim razvojem svojeg materijala, u okvire njihovog izvora koji je filozofija prirode – čime će empirijske discipline ponovno postati misaone i kritičke, a spekulativno mišljenje dobiti svoj materijal u živoj strukturi Prirode – temeljna je svrha našeg djelovanja.

Takvom ponovnom povratku empirijskih znanosti – ali sada na višem te kvantitativno i kvalitativno obogaćenom stupnju – u okvire kritičke filozofije prirode, suprotstavljaju se oni oblici mišljenja koji predstavljaju dogmatsku fiksaciju na

određenim ranijim stupnjevima razvoja ljudskog znanja. Zbog toga su trenutno prevladavajući stavovi inspirirani sustavima institucionalne religije s jedne strane, te redukcionizma i pozitivizma s druge strane, glavna zapreka spoznaji Svemira u ovome trenutku.

4

Sustavi organizirane i institucionalizirane religije u pravilu se izgrađuju oko vrijednih sadržaja mitološke kozmologije i snažnih psiholoških simbola, no oni se u ovom kontekstu dominantno odvajaju od kreativnih impulsa koji su ih oblikovali, te se zatvaraju u odnosu na filozofsko i kritičko mišljenje time postajući dogmom i sustavom koji onemogućuje spoznaju Prirode i čovjeka. Povrh toga, postuliranjem jednog izmišljenog idealnog svijeta u odnosu na koji je realni materijalni svijet tek iluzija ili pak sfera grijeha i patnje, takvi sustavi odbacuju upravo ono što je najstvarnije i najpotpunije, a to su beskrajne moći Prirode ostvarene u Svemiru koji opažamo. Stoga je kritika sustava institucionalizirane religije nužan i neizostavan preduvjet spoznaje Svemira i čovjeka.

5

Dok institucionalizirana religija predstavlja pretvaranje sadržaja mitološke kozmologije u dogmu izoliranu od odnosa prema filozofiji, dominantna pozitivistička filozofija koja stoji u pozadini današnje znanosti predstavlja u suštini isti proces dogmatiziranja određenog parcijalnog znanja, ali sada u odnosu na rezultate empirijskih metoda.

Pod pozitivizmom, u tradiciji koja seže još od Augustea Comtea, podrazumijevamo pristup dogmatskog odnošenja prema razumskim konstruiranim fenomenima – posebno nekritičkog stava prema pojmovnim konstrukcijama empirijskih znanosti – čime se pretpostavlja mogućnost izoliranih „činjenica” i zasebnih iskaza o njima kao puta prema spoznaji svijeta – i time empirijskih znanosti kao povlaštenog oblika spoznaje.

Pozitivistička matrica po definiciji odbacuje važnost filozofije, a naročito metafizike, pri tome ignorirajući temeljnu istinu da je svaki pojam i svaka temeljna pretpostavka empirijskih znanosti neminovno filozofska i zasnovana na određenoj metafizici. Tu spadaju, između ostaloga, pojmovi materije i kretanja, promjene, konačnog i beskonačnog, vremena, broja, jednakosti i nejednakosti, mjerenja, sama eksperimentalna metodologija te već spomenute korespondencije između matematičkih struktura i Prirode. Pozitivizam, u svim svojim pojavnim

oblicima, zapravo predstavlja samo jednu primitivnu metafiziku koja od trenutnih ograničenih rezultata znanosti stvara svoju univerzalnu istinu. Takva primitivna metafizika ne dopušta kritiku, braneći da se o samim pojmovima empirijskih znanosti i njihovim ograničenjima misli.

Pozitivistički pristup inzistira na nekakvim znanstvenim "činjenicama", pri tome zaboravljajući da se u našem odnosu prema Prirodi, Priroda ne pokazuje kao vreća gotovih činjenica, već kao ukupni odnos neizmjernog skupa međusobno zavisnih fenomena. Jedino izgradnja određenog misaonog sustava i interpretacija višeslojnih fenomena u njegovom kontekstu omogućuje da se formira relativni pojam činjenice, koji zapravo predstavlja samo pojednostavljenu komponentu u nekom ograničenom modelu beskrajne složenosti Prirode. U skladu s time, u razvoju znanja sve takve relativne činjenice bivaju nadomještene novim činjenicama, u okviru novih i relativno ispravnijih misaonih sustava. Shvaćajući znanje o Svemiru samo kao nabacani skup parcijalnih znanja, kao jednu nasumičnu kolekciju izoliranih "činjenica" – štoviše danih jednom za svagda, pozitivizam nije u stanju shvatiti međuovisnost i neraskidivu povezanost Prirode u svim svojim dijelovima, te se stoga svodi na puki redukcionizam. Nastojeći pak dokazati samodovoljnost fizikalne kozmologije i ostalih empirijskih znanosti, pozitivizam se često poziva na podudaranje između teorije i eksperimenta, te na princip verifikacije teorijskih modela mjerenjima. Pri tome je princip falsifikacije, često navođen kao kritika verifikacijskog pristupa, zapravo samo logički produžetak iste argumentacije za koji vrijedi ista kritika.

Svaki se eksperiment uvijek provodi u specifičnom kontekstu te se njegovi rezultati ne mogu po svojoj vlastitoj prirodi shvatiti kao univerzalni, već se univerzalnost uglavnom na prečac sugerira konceptom indukcije, a uz to i svaki konkretan rezultat neminovno daje ograničenu preciznost, pa je tako ostvareno znanje uvijek ograničeno i nesigurno. Štoviše, eksperiment ne potvrđuje niti opovrgava neopozivo hipotezu po nekakvom logičkom mehanizmu jer se ona uvijek može proširiti tako da osigura po volji dobro podudaranje s mjerenim rezultatom. Iza trenutnog prihvaćanja rezultata eksperimenta, kao i određivanja njihovog značaja, univerzalnosti i utjecaja na hipoteze, ne stoji nikakva misteriozna znanstvena metoda, već dominantno psihološki i sociološki procesi unutar znanstvene zajednice.

Još se veći problem nalazi u tome što rastom kompleksnosti eksperimenata, oni postaju sve manje nezavisni u odnosu na teorijske pretpostavke koje se žele provjeriti u mjerenjima. Sami eksperimenti tako uključuju sve više elemenata teorije. Primjerice, eksperimentalna fizika elementarnih čestica interpretira svoja

kompleksna mjerenja u čestičnim akceleratorima statističkom usporedbom signala iz detektora i računalnih simulacija izgrađenih na temelju teorijskih modela. Stečene informacije na taj način posljedično gube tim više svoju empirijsku uvjerenost što je eksperimentalni postav kompleksniji, čime tzv. empirijska činjenica tako postaje sve manje "činjenica", a sve više samo jedan od mnoštva mogućih oblika subjektivne interpretativne konstrukcije. Identičan tautološki odnos, koji teorijske pretpostavke implicitno ugrađuje u interpretaciju rezultata mjerenja, pojavljuje se i u opažanjima u astrofizici te fizikalnoj kozmologiji. Eksperimentalni rezultati tako postepeno gube doticaj s Prirodom i pokazuju tendenciju ulaznja u prostor čiste proizvoljnosti.

Duh je pozitivizma u potpunosti zavladao empirijskim znanostima te je svojim pasivnim konzervativizmom i pretvaranjem znanosti u mehaničke sisteme u kojima se ne misli, odgovoran za zaustavljanje razvoja i duboku krizu znanosti kojoj svjedočimo već više od pola stoljeća, unatoč nikad većim ukupnim resursima i većem broju ljudi uključenih u znanstvena istraživanja.

Često spominjani sukob između "religije i znanosti" tako postoje samo sukob između dva degenerirana sistema, sistema institucionalne religije i pozitivističke znanosti, odnosno, u suštini, sukob dviju dogmi. Sukob je neminovan, jer obje dogme uzimaju oprečne sadržaje kozmologije i postavljaju ih kao svoje idole – odsijecajući njihovu vezu s filozofijom koja im zapravo daje život. Tako se danas navodni izbor postavlja između pozitivističke znanosti s temeljem u empirijskim sadržajima i institucija organizirane religije s temeljem u mitološkim sadržajima. Ostvarivanje kozmologije, koje je moguće samo na principima sinteze naturalizma i humanizma, znači bespoštednu kritiku i prevladavanje obje dogme koje predstavljaju slijepu ulicu u razvoju ljudskog znanja.

6

Utemeljivanje kozmologije kao opće filozofije prirode, što u vidu sinteze naturalizma i humanizma u sebi obuhvaća fizikalnu kozmologiju, spekulativnu filozofiju prirode i mitološku kozmologiju – sjedinjujući tako refleksivno mišljenje, znanstvenu teorijsku i eksperimentalnu metodu ruku pod ruku s umjetnošću - ima svoju inspiraciju i kritički se temelji na tradiciji renesanse misli. Upravo je filozofija renesanse otvorila put trijumfu znanstvenog mišljenja i razvoju matematičke metode u opisu Prirode, štoviše upravo je renesansa doktrinarno pozivanje na autoritete zamijenila eksperimentom i praktičnim odnošenjem mislioca prema Prirodi. Međutim, ironija se sastoji u tome što su empirijske znanosti pod trenutnom vla-

davinom siromaštva filozofije pozitivizma odbacile duh univerzalizma renesansne filozofije koja ih je rodila, odbacujući time zapravo svaku filozofiju.

Jedina je mogućnost daljnjeg razvoja spoznaje Prirode ukidanje postojeće paradigme te ponovna obnova duha renesanse – koji neće i ne može biti imitacija jednog ranijeg povijesnog stadija, već kreativno razvijanje jedne tradicije mišljenja u novom povijesnom trenutku. Put prema tom cilju obasjan je svjetlom koje je raspirio Giordano Bruno, revolucionarni filozof što je – ostavljajući nam herojski i mučenički primjer posvećenosti spoznaji i sukoba sa svim dogmama – pokazao viziju beskrajnog i vječnog Svemira, produženog od beskraja pa sve do čovjeka kao mikrokozmosa; Kozmosa ispunjenog životom, neiscrpnim mogućnostima i nezamislivim čudima – što je vizija koja je u ovom trenutku aktualnija nego ikada ranije, vodeći nas prema punoj emancipaciji čovjeka i njegovoj teorijskoj i praktičnoj sintezi s Prirodom.

U slavu filozofije prirode: revolucija misli i života

==== *Nicholas Maxwell* ====

University College London
nicholas.maxwell@ucl.ac.uk

Sažetak

Moderna je znanost započela kao filozofija prirode. U vrijeme Newtona, ono što danas nazivamo znanost i filozofijom - dva odvojena područja djelatnosti - činili su jedno ujedinjeno i međudjelujuće nastojanje filozofije prirode, usmjereno prema razvoju našeg znanja i razumijevanju svemira te razumijevanju samih sebe kao njegovog dijela. Postignuta su izvanredna otkrića koja su posve bez premca. No filozofija prirode je umrla. Razdvojila se s jedne strane na znanost, a s druge strane na filozofiju. To se dogodilo tokom 18. i 19. stoljeća i taj rascjep je i danas ugrađen u naš intelektualni krajolik. No, ta su dva dijela, znanost i filozofija, samo nepotpuna sjena veličanstvenih i jedinstvenih nastojanja filozofije prirode. Točnost, zdrav znanstveni razum i čvrsti razlozi traže da ih ponovno spojimo i tako ponovno otkrijemo neopisive blagodati ujedinjene discipline filozofije prirode. Ovo zahtijeva intelektualnu revoluciju - koja ima dramatične posljedice po to kako shvaćamo naš svijet, kako razumijemo i radimo znanost, te kako razumijemo i radimo filozofiju. Uz to, postoje i dramatične posljedice po pitanju obrazovanja i cjelokupne akademske djelatnosti, kao i po pitanju njezine sposobnosti da nam pomogne otkriti kako se uspješnije suočiti s našim ogromnim globalnim problemima.

1 Filozofija prirode i njezina smrt

Moderna je znanost započela kao filozofija prirode – ili kao „eksperimentalna filozofija”, kako je ponekad nazivana. U 17. stoljeću, u vrijeme Isaaca Newtona, znanost nije samo bila nazivana filozofijom prirode. Bila je zamišljena, te se njome bavilo, kao onime što zapravo predstavlja razvoj filozofije. Ona je ujedinila fiziku, kemiju i ostale discipline prirodnih znanosti, kako ih poznajemo danas, s raznim granama filozofije: metafizikom, epistemologijom, metodologijom, filozofijom znanosti – pa čak i teologijom. Znanost i filozofija, koje danas promatramo kao odvojene, u tim su se danima nalazile u međuodnosu, tvoreći jedinstvenu disciplinu filozofije prirode.¹ Navedeno je za svoj glavni cilj imalo unaprijediti naše znanje i razumijevanje svemira, kao i unaprijediti naše znanje o sebi samima kao dijelovima svemira. U vremenu Newtona došlo je do snažnog proplamsaja uzbuđenja i samouvjerenosti. Po prvi puta u povijesti čovječanstva tajne svemira, do tada posve nepoznate, otkrivene su i položene ispred svih kako bi se shvatile – ili barem ispred onih koji su razumjeli latinski jezik i složenu matematiku Newtonovih *Principia*. Kada danas gledamo unatrag na velike misaone ličnosti povezane s rođenjem moderne znanosti, bez oklijevanja ih dijelimo na znanstvenike s jedne strane te filozofe s druge strane. Galileo, Johannes Kepler, William Harvey, Robert Boyle, Christiaan Huygens, Robert Hook, Edmond Halley i naravno Isaac Newton bili bi znanstvenici; Francis Bacon, Rene Descartes, Thomas Hobbes, John Locke, Baruch Spinoza i Gottfried Leibniz bili bi filozofi. Međutim, ova je podjela anakronizam. Oni sebe nisu shvaćali na ovaj način. Njihov je rad na najrazličitije načine povezivao znanost s filozofijom, filozofiju sa znanosti. Svi su oni težili, na ovaj ili onaj način, razviti naše znanje i razumijevanje svemira, poboljšati naše razumijevanje toga kako možemo steći znanje o svemiru, kao i razraditi posljedice novog pogleda na svemir, koji je označila nova filozofija prirode, po razumijevanje nas samih.

Postojali su snažni razlozi zbog kojih u toku 17. stoljeća empirijska znanost nije mogla biti odsječena od filozofije. Filozofi prirode se nisu slagali u pogledu temeljnih pitanja metode. Da li bi dokazi sami po sebi trebali odlučiti koje su teorije odbačene i prihvaćene ili u tome ulogu također igra i razum? Različiti pogledi na metodu imali su praktične posljedice po samu znanost: trebali su se dakle diskutirati kao dio znanosti. Ponovno, nova filozofija prirode označila je novu viziju svemira: svemir je načinjen od bezbojnih, nečujnih čestica bez mirisa, koje

¹Na ovo je na odgovarajući način ukazano još davno: A. E. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, Routledge and Kegan Paul, London, 1932. Vidi i: E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, Oxford University Press, Oxford, 1969.

interagiraju samo putem kontakta. Ovo je metafizičko gledište imalo posljedice po pitanje koje bi teorije trebale biti prihvaćene, a koje odbačene; filozofi prirode zastupali su različite varijante ovog metafizičkog stava, kao što su imali i različite odnose prema tome kako bi se taj stav trebao odražavati na znanost – sve je ovo trebalo biti raspravljeno kao sastavni dio znanosti. S druge strane, korpuskularna hipoteza izazvala je duboke filozofske probleme vezane uz to kako je moguće da ljudi steknu znanje o svemiru, te kako je moguće da ljudi budu svjesni, slobodni i vrijedni po sebi ako su bačeni u fizički svemir. Filozofi prirode koji su bili više „filozofski” nastrojeni borili su se s ovim problemima do kojih je dovela nova vizija svemira.

A tada je, tokom 18. i 19. stoljeća, filozofija prirode umrla. Razdvojila se s jedne strane na empirijsku znanost, a s druge strane na filozofiju. Znanstvenici su sve više ignorirali filozofiju, a filozofi su sve više ignorirali znanost. Ovim dvjema dijelovima, kojima se uglavnom bavilo kao da su nezavisni jedan u odnosu na drugi, nedostaje strogost i intelektualna vrijednost ujedinjene discipline filozofije prirode, kao što ćemo pokazati u nastavku. Znanost i filozofija samo su blijeda sjena jedinstvene i veličanstvene discipline koja ih je rodila, filozofije prirode.

2 Kada je i zašto umrla filozofija prirode?

Dva su glavna faktora dovela do smrti filozofije prirode, odnosno do njezinog rascjepa na znanost i filozofiju. Prvo, Newtonove ideje o metodi, na način na koji su bile prikazane u *Principia*, imale su ogroman utjecaj.² Filozofi prirode počeli su uzimati zdravo za gotovo da u svome posjedu imaju sigurnu metodu za stjecanje znanja. Ona je uključivala zasnivanje svega na *dokazima*. Jedino su dokazi davali sredstvo za određivanje što treba biti prihvaćeno, a što odbačeno u filozofiji prirode - odnosno znanosti kako se ona počela nazivati; a sve što se ne može podvrći empirijskom provjeravanju nije imalo mjesto u znanosti. Drugo, neuspjeh filozofa prirode da riješe filozofske probleme vezane uz novu viziju svemira povezanu s novom filozofijom prirode, doveo je do razvoja filozofije koji je bio sve više nepovezan – i sve manje od interesa – za znanost. Stavovi koji su se pojavljivali u znanosti i filozofiji pojačali su ovaj rascjep i pocijepali filozofiju prirode. Kada je filozofija prirode umrla? Počela je odumirati gotovo odmah nakon svog rođenja, budući da su „filozofi” postajali sve udaljeniji u odnosu na perspektive, misao i rad „znanstvenika”. Ovaj se proces nastavio tokom 18. stoljeća te se potvrdio u 19. stoljeću. 1833 William Whewell skovao je naziv „znanstvenik”. U sljedeća

²Za utjecaj Newtona na njegove nasljednike vidi P. Gay, *The Enlightenment: An Interpretation*, Wildwood, London, 1973

dva odlomka pozabavit ću se ovim dvjema razlozima za smrt filozofije prirode po redu.

3 Newton i empirizam

Jednom kada je Newtonova znanost bila opće prihvaćena u Engleskoj te posebno u Francuskoj, oni filozofi prirode koji su se bavili onime što bismo danas nazivali znanošću postali su uvjereni da je ispravna metoda za prirodnu znanost postala čvrsto utemeljena, dobro poznata i da više ne zahtijeva nikakvu diskusiju. Radilo se o metodama koje je Newton postavio u svojim „pravilima razmišljanja u filozofiji” u svojoj *Principa*. Znanost je utemeljena na dokazima. Znanstvenik mora zasnivati čitavo svoje teoretiziranje na opažanjima i eksperimentu. To nije samo značilo da se znanstvenik više ne treba baviti pitanjima metode kao sastavnog dijela znanosti. To je značilo da filozofija ne može igrati nikakvu ulogu u znanosti, budući da je filozofija, naravno, zaokupljena idejama koje nisu empirijski provjerljive i zasnovane na dokazima. Opće prihvaćanje ovog stava, koji bi se mogao nazvati *standardnim empiricismom*, a koji se razvija od Newtona, Francisca Bacona i Lockeja, tada je imao glavnu ulogu u postavljanju barijere između znanosti s jedne strane te filozofije s druge strane – čija je posljedica bila nestanak filozofije prirode. Standardni empirizam, u ovoj ili onoj formi, široko je prihvaćen i danas – kako od strane znanstvenika, tako i ne-znanstvenika. U 20. stoljeću Karl Popper je izrazio podjelu između znanosti i filozofije na snažan i naširoko prihvaćen način svojim *principom demarkacije*: kako bi teorija bila znanstvena ona se mora moći empirijski falsificirati.

4 Neuspjesi zapadne filozofije

Nije stvar samo u tome što su znanstvenici počeli shvaćati prirodnu znanost na način koji je iz nje isključivao filozofiju. Filozofi su doprinijeli rastućoj odvojenosti znanosti od filozofije postajući u svojim aktivnostima sve više udaljeni od svega što je relevantno za znanost. Do ovoga je došlo zbog toga što su filozofi bili neuspješni u suočavanju i rješavanju, pa čak i iskazivanju, temeljnog filozofskog problema kojeg je nametnula nova vizija svemira povezana s novom filozofijom prirode. U onome što slijedi argumentirat ću da bi se taj problem trebao formulirati na sljedeći način: kako naš ljudski svijet, ispunjen osjetilnim kvalitetama, svjesnošću, slobodnom voljom, značenjem i vrijednostima, može postojati i napredovati na najbolji način postavljen u fizikalni svemir (kako ga shvaća suvre-

mena znanost)?³ Descartes je ponudio moguće rješenje ovoga problema – iako nije formulirao problem na način na koji sam to ja upravo napravio. Rješenje koje je predložio predstavlja kartezijanski dualizam: postoje dva tipa entiteta - fundamentalni fizikalni entiteti s jedne strane, umovi s druge strane. Za vodeće filozofe koji su došli nakon Descartesa – Berkeleya, Davida Humea, Immanuela Kanta i druge – činilo se da kartezijanski dualizam kao posljedicu implicira da možemo imati znanje samo o svojim umovima ili o neposrednom iskustvu. Dugi komplicirani lanac događaja, koji se zbiva između izvanjskog objekta i našeg unutarnjeg iskustva vezanog uz njega, činilo se kao da implicira kako samo posljednji događaj u ovom nizu - naše unutarnje iskustvo - predstavlja ono čega možemo biti svjesni. Kao posljedica toga, filozofija je postajala sve više i više udaljena u odnosu na znanost. Iskustvo se činilo kao neprobojna barijera između nas i fizikalnog svemira, čineći nemogućim da se spozna neopaženi fizikalni svemir. Oni filozofi koji su nastavili pokušavati razumjeti kako znanost stječe znanje, izgubili su optimizam filozofa prirode 17. stoljeća. Optimističko pitanje „kako filozofija prirode može na najbolji način steći znanje?” pretvoreno je u pesimistično Kantovo pitanje „kako je filozofija prirode uopće moguća?”. Newtonova ideja prema kojoj se znanost zasniva isključivo na dokazima mnogim se filozofima činila beznadno problematičnom. Drugim riječima, nitko nije znao kako riješiti problem indukcije – problem pokazivanja načina na koji je moguće provjeriti teoriju putem dokaza.

Do 20. stoljeća filozofija se raspala na dvije škole: takozvanu „analitičku” i „kontinentalnu” filozofiju. Analitički filozofi su ozbiljno shvatili problem toga što bi filozofija mogla biti i trebala raditi, uzimajući u obzir da ne vodi računa o dokazima, te su došli do zaključka da se filozofija mora posvetiti analizi koncepata – možda donekle slično kao što se matematika može zamisliti kao bazirana na analizi koncepata kao što su broj, prostor, funkcija, neprekidnost, skup, grupa. Analitički filozofi su stoga preuzeli zadaću analiziranja ključnih koncepata filozofije: znanje, um, uzrok, razlog, percepcija, svijest, dobro, vrlina, stvarnost, sloboda, pravda i tako dalje. Ideje o tome što je filozofska analiza razvile su se od vremena G. E. Moora i Ludwiga Wittgensteina u 20. stoljeću, no i danas većina filozofa „analitičke tradicije” uzima „zdravo za gotovo” da konceptualna analiza predstavlja pravu zadaću filozofije. Kontinentalna filozofija je, s druge strane, nastala i trebala bi se poistovjetiti s „umskim” dijelom Descartove dihotomije um/materija. Ona nastoji postaviti neposredno ljudsko iskustvo kao temelj za čitavo mišljenje

³Dvije knjige koje istražuju ovaj problem, te dokazuju kako se radi o temeljnom problemu svekolike misli i života, su moji radovi *Human World in the Physical Universe: Consciousness, Free Will and Evolution*, Rowman and Littlefield, Lanham, 2001; i *Cutting God in Half – And Putting the Pieces Together Again: A New Approach to Philosophy*, Pentire Press, London, 2010.

te je indiferentna, ako ne i otvoreno neprijateljska, prema znanosti i razumu. Johann Fichte, Georg Hegel, Friedrich Nietzsche, Soren Kierkegaard, Martin Heidegger, Jean-Paul Sartre, Michel Foucault and Jacques Derrida su neke od ličnosti povezane s kontinentalnom filozofijom. Njemački klasični idealizam, fenomenologija, hermeneutika, egzistencijalizam, strukturalizam, post-strukturalizam, postmodernizam i kritička teorija povezana s Frankfurtskom školom predstavljaju neke od pokreta povezane s ovim pristupom.

Niti analitička, a niti kontinentalna filozofija nemaju za reći mnogo toga što bi bilo relevantno ili od nekog interesa za znanost. Čak i većina filozofije znanosti, gledano od njezinog pojavljivanja u 20. stoljeću, nije uspjela da bude od interesa znanstvenicima. U ovoj priči postoje naravno i izuzeci. Bertrand Russell je jedan, a Karl Popper je drugi. No čak su i ove dvije ličnosti, toliko naklonjene onome što je najbolje u znanstvenom istraživanju, potvrdile opći obrazac zadržavanja oštire razlike između znanosti i filozofije.⁴ J. J. C. Smart i drugi pokušali su izraziti gledište o svemiru koje se razvija iz suvremene znanosti, kao i razmotriti filozofske probleme koji su povezani s ovim gledištem.⁵ Premda su ovi pokušaji bili ispravno usmjereni, nisu uspjeli premostiti ponor između znanosti i filozofije. Većina se znanstvenika vjerojatno slaže sa Stevenom Weinbergom kada kaže „samo mi se rijetko činilo da [filozofija znanosti] ima bilo kakve veze s bavljenjem znanostu kakvu poznajem... Nisam usamljen u ovom stavu; ne poznajem nikoga tko je aktivno sudjelovao u napretku fizike u poslijeratnom periodu, a čije bi istraživanje bilo značajno pomognuto radom filozofa”.⁶ Nekoliko godina ranije fizičar John Ziman bio je čak još isključiviji. Konstatirao je kako je „filozofija znanosti suhoparna i odbojna. Čitati najnoviji zbornik radova sa simpozija na ovu temu znači podsjetiti se... teoloških neslaganja u Bizantu”.⁷ Stephen Hawking je periodično veoma otvoreno izjavljivao kako je filozofija mrtva.

5 Metafizika i metoda

Kao što sam objasnio, postojala su dva glavna faktora koja su dovela do odumiranja filozofije prirode: široka potpora standardnom empirizmu – gledištu po kojemu se znanost zasniva isključivo na dokazima te neuspjeh filozofa da riješe fi-

⁴Za prikaz Popperovog ambivalentnog odnosa prema filozofiji prirode: N. Maxwell, 'Popper's Paradoxical Pursuit of Natural Philosophy', in Cambridge Companion to Popper, edited by J. Shearmur and G. Stokes, Cambridge University Press, Cambridge, 2012.

⁵J. J. C. Smart, Philosophy and Scientific Realism, Routledge and Kegan Paul, London, 1963; T. Nagel, The View from Nowhere, Oxford University Press, Oxford, 1986; D. Chalmers, The Conscious Mind, Oxford University Press, Oxford, 1996.

⁶S. Weinberg, Dreams of a Final Theory, Hutchinson, London, 1993, pp. 133–134.

⁷J. Ziman, Public Knowledge, Cambridge University Press, Cambridge, 1968, p. 31.

lozofske probleme povezane sa znanstvenom slikom svemira. Sada ću pokazati da oba ova faktora potječu od prilično fundamentalnih intelektualnih promašaja. Neka se ovi promašaji isprave i postat će bjelodano jasno da je razdvajanje prirodne filozofije, na znanost s jedne strane i filozofiju s druge strane, bila ogromna intelektualna katastrofa. Hitno trebamo uskrnuti filozofiju prirode, na taj način snažno obogaćujući strogost te intelektualnu i obrazovnu vrijednost jednako znanosti i filozofije. U ovom se poglavlju usmjeravam na prvi faktor (drugi se diskutira u sljedećem poglavlju).

ključna je točka koja se treba istaknuti dana u tome što je standardni empirizam, usprkos tome što je naširoko uzet „zdravo za gotovo“, jednako od strane znanstvenika kao i neznanstvenika, neobranjiv u svim svojim varijantama. Najslabija verzija standardnog empirizma – koja je uključena kao komponenta u sve jače verzije – može se formulirati na sljedeći način. Temeljni je cilj znanosti istina, a temeljna je metoda neselektivno pristupiti iskazima znanja vodeći računa samo o dokazima. Razmatranja vezana uz jednostavnost, jedinstvenost ili moć objašnjavanja mogu doduše kao dodatak na dokaze legitimno utjecati na to koja je teorija prihvaćena - no ne na takav način da se svemir po sebi shvaća kao jednostavan, jedinstven ili takav da objašnjenja postoje kako bi se otkrila (tj. spoznatljiv). U znanosti, *niti jedna aktualna teza o svijetu ne može biti prihvaćena kao dio znanstvenog znanja nezavisno od dokaza, da ne govorimo o njezinom proturječanju dokazima.*

No standardni je empirizam, usprkos tome što je uzet „zdravo za gotovo“ jednako od strane znanstvenika i ne-znanstvenika, neobranjiv. Teorijska fizika neprekidno prihvaća samo unificirajuće ili objašnjavajuće teorije, usprkos tome što se može konstruirati beskrajno mnogo empirijski uspješnijih alternativa koje su razjedinjene i bez moći objašnjavanja. To znači da fizika čini stalnu pretpostavku, koja je u osnovi metafizička (odnosno ne može se provjeriti) o prirodi svemira: on je barem takav da niti jedna ozbiljno razjedinjena, ne-objašnjavajuća teorija nije točna.⁸ svemir je (više ili manje) fizikalno spoznatljiv (tj. takav da fizikalna objaš-

⁸ Kao što sam to postavio u članku 'Arguing for Wisdom in the University', u časopisu *Philosophia*, ako bi znanstvenici uporno odbacivali teorije koje postuliraju različite temeljne fizičke entitete, kao što su polja – premda mnogo teorija može biti – i bilo je – formulirano koje su čak empirijski uspješnije nego atomske teorije – implikacija bi sigurno bila jasna. Znanstvenici bi u stvari pretpostavljali da je svijet izgrađen od atoma, uz isključenje svih drugih mogućnosti. Pretpostavka o atomima bila bi tako ugrađena u način na koji znanstvena zajednica prihvaća i odbacuje teorije, dakle ugrađena u implicitne metode zajednice koje bi uključivale: odbaci sve teorije koje postuliraju entitete različite od atoma, bez obzira na to kakav bi njihov empirijski uspjeh mogao biti. Znanstvena zajednica bi prihvatila pretpostavku: svemir je takav da niti jedna ne-atomska teorija nije istinita. Sasvim isto vrijedi za znanstvenu zajednicu koja odbacuje, ili bolje reći ignorira, sve ozbiljno razjedinjene alternative, kako bi se prihvatile više ili manje unificirane teorije, čak i ako bi te alternative bile empirijski uspješnije kada bi se razmotrile. Takva zajednica u stvari čini pretpostavku: svemir je takav da niti jedna razjedinjena teorija nije istinita (osim ako nije aproksimativna i implicirana od strane istinite ujedinjene teorije)

njenja fenomena postoje kako bi bila otkrivena). Stoga fizika čini stalnu pretpostavku o svemiru nezavisnu od dokaza – u određenom smislu čak i u opreci spram dokazima – a to znači da je standardni empirizam pogrešan.⁹

Ova velika i neprekidno uzeta pretpostavka vrši izuzetan utjecan na fiziku - budući da zajedno s dokazima određuje koje će teorije biti prihvaćene ili odbacene - te utječe na smjer u kojem fizičari u svojim nastojanjima pokušavaju razviti nove teorije. No ova je pretpostavka, međutim, veoma problematična i – u svojoj specifičnijoj varijanti koja se stalno prihvaća od strane fizičara – gotovo osuđena na to da bude pogrešna. Mi ne znamo da je svemir fizikalno spoznatljiv, a još manje znamo je li spoznatljiv u pogledu - manje ili više - specifičnog načina na koji fizika implicitno pretpostavlja da on to jest u svakoj fazi svog razvoja. Ideje o tome kako svemir može biti spoznat promijenile su se dramatično mnogo puta tokom razvoja znanosti i veoma je vjerojatno da će se pokazati kako su trenutne ideje također neadekvatne. Manje ili više specifična pretpostavka o tome kako je svemir fizikalno spoznatljiv, koja implicitno postoji u fizici u svakoj fazi njezinog razvoja, utječe jednako na prihvaćanje teorije i potragu za novim teorijama, a istovremeno je ova pretpostavka gotovo osuđena na to da bude pogrešna. Ukratko, za razvoj fizike potrebno je da se ova pretpostavka učini eksplicitnom, kako bi joj se moglo kritički pristupiti te kako bi se ona, možemo se nadati, bila poboljšana.

Kako bi to bili u stanju učiniti trebamo usvojiti i primijeniti novu koncepciju znanosti koju nazivam empirizmom usmjerenim prema cilju. Navedeno se sastoji u stavu da trebamo predstaviti metafizičke pretpostavke znanosti u formi hijerarhije pretpostavki i pripadnih metoda na način da kako pretpostavke postaju sve manje velike i sve više takve da je njihova istinitost nužna za znanost – ili mogućnost stjecanja znanja uopće – tako se podižemo u hijerarhiji. Na taj način je stvoren okvir koji se sastoji od relativno neproblematičnih i trajnih pretpostavki kao i pridruženih metoda – koje se nalaze visoko u hijerarhiji, a u okviru kojega se može kritički pristupiti i poboljšati veće i problematičnije pretpostavke i pridružene metode, a koje se nalaze niže u hijerarhiji. Iskazano drugačije, tako je razvijen okvir relativno neproblematičnih ciljeva i metoda znanosti, unutar kojega mnogo problematičniji ciljevi i metode mogu biti poboljšani. (U skladu s empirizmom usmjerenim prema cilju, temeljni je cilj fizike otkriti istinu koja je bila

⁹Ovaj argument je izrečen mnogo detaljnije u mojim sljedećim radovima: *The Comprehensibility of the Universe: A New Conception of Science*, Oxford University Press, Oxford, 1998; *Is Science Neurotic?*, Imperial College Press, London, 2004, chs. 1–2 and appendix; 'Popper, Kuhn, Lakatos and Aim-Oriented Empiricism', *Philosophia* 32, nos. 1–4, 2005, pp. 181–239; *From Knowledge to Wisdom*, Blackwell, Oxford, 1984; 2nd edition, Pentire Press, London, 2007 – especially 2nd edition, ch. 14; 'A Priori Conjectural Knowledge in Physics', in *What Place for the A Priori?*, edited by M. Shaffer and M. Veber, Open Court, Chicago, 2011, pp. 211–240.

problematično pretpostavljena kao fizikalno spoznatljiva). Takva pretpostavka niskog reda (ili takav cilj niskog reda koji pretpostavlja takvu pretpostavku) treba biti izabrana tako da: a) se najbolje slaže s pretpostavkama (ili ciljevima) koji se nalaze više u hijerarhiji, b) održava – ili bolje reći obećava- da će održati znanstveno-istraživački program koji je empirijski najviše progresivan. Prema empirizmu usmjerenom prema cilju postoji neka vrsta pozitivnog povratnog odnosa između razvijanja znanja te razvijanja ciljeva i metoda - razvijanja znanja o tome kako razvijati znanje. Fizika prilagođava svoje metode onome što otkriva o svemiru.¹⁰ Empirizam usmjeren prema cilju, ako se ikada otvoreno stavi u znanstvenu praksu, značio bi ponovno rođenje filozofije prirode. Jer, empirizam usmjeren prema cilju zahtijeva da teorijsko znanje, metafizika, ideje koje se tiču ciljeva i metoda - odnosno ideje filozofije znanosti – čak i filozofije, sve međusobno utječu jedna na drugu – što je glavna odlika filozofije prirode.

Ironično je što Newton nije zastupao standardni empirizam. Newton postavlja tri od svoja četiri pravila zaključivanja na način za koji je jasno da ova pravila podrazumijevaju pretpostavke o prirodi svemira. Prvo pravilo konstatira: „Ne trebamo dopustiti više uzroka prirodnih stvari nego što je istovremeno ispravno i dovoljno za objašnjenje njihovih pojava”. Newton tome dodaje: „U ovu svrhu filozofi kažu da priroda ne čini ništa suvišno, a više od onoga što služi svrsi je suvišno, jer priroda je zadovoljna jednostavnošću, a ne zadržava se na pompoznosti nepotrebnih uzroka”.¹¹ Newton je držao da se stalnim preferiranjem jednostavnih teorija neprestano pretpostavlja jednostavnost Prirode po sebi (što narušava standardni empirizam).

Prirodna filozofija empirizma usmjerenog prema cilju, ako ikada bude izgrađena, na nekoliko bi načina potencijalno predstavljala veliki napredak u odnosu na ono što trenutno imamo – dvije izolirane komponente, znanost i filozofiju. Za početak, meta-metodologija empirizma orijentiranog prema cilju, koja bi razvijala ciljeve i metode znanosti u skladu s razvojem znanja, ima posljedice po sve grane prirodnih znanosti, a ne samo po teorijsku fiziku (što smo sve vidjeli do sada). Empirizam usmjeren prema cilju zahtijeva da razne znanosti imaju različite metode - što potječe od različitosti njihovih ciljeva – istovremeno pružajući jedinstveni okvir za čitavo područje prirodnih znanosti – ili bolje reći filozofije prirode.¹² Empirizam usmjeren prema cilju predstavlja rigoroznije shvaćanje znanosti nego standardni empirizam, budući da priznaje te nastoji unaprijediti utjecajne i pro-

¹⁰Za detaljniju ekspoziciju i argumentaciju za empirizam usmjeren prema cilju vidjeti radove na koje se pozivamo u fusnoti 9.

¹¹I. Newton, Principia, University of California Press, Berkeley, vol. 2, 1962, p. 398.

¹²Vidjeti N. Maxwell, Is Science Neurotic?, pp. 41–47.

blematične pretpostavke koje standardni empirizam odbacuje.¹³

Kao što sam pokazao na drugom mjestu, empirizam usmjeren prema cilju predstavlja sintezu te značajan razvoj ideja Poppera, Kuhna i Lakatosa,¹⁴ vodeći do rješenja temeljnih problema filozofije znanosti: problema indukcije, značaja teorijskog ujedinjenja i vjerodostojnosti.¹⁵ Empirizam usmjeren prema cilju je mnogo pošteniji u odnosu na objašnjenje i razumijevanje znanosti nego što to čini standardni empirizam.¹⁶ U razvoju od standardnog empirizma do empirizma usmjerenog prema cilju postoji izuzetan porast u opsegu znanstvenog znanja i razumijevanja koje potječe od toga što teza o spoznatljivosti svemira postaje dijelom teorijskog znanstvenog znanja. Empirizam usmjeren prema cilju pruža racionalnu metodu koja je u stanju, usprkos tome što može biti pogrešiva, dovesti do otkrića novih fundamentalnih teorija u fizici.¹⁷

Postoje i važne posljedice po obrazovanje.¹⁸ Također postoje i važne posljedice po znanost, po povijest i filozofiju znanosti te njihov odnos. Filozofija znanosti postaje ključni i neizostavni dio filozofije prirode.¹⁹

6 Ponovno rođenje filozofije prirode

Značajna posljedica empirizma usmjerenog prema cilju jest da fizikalizam predstavlja dio trenutnog hipotetskog teorijskog znanja znanosti. Fizikalizam, kako ga shvaćamo ovdje, drži da je svemir fizikalno spoznatljiv. On je takav da je istinita fizikalna „teorija svega” jedinstvena. Neka se vrsta jedinstvenog obrasca fizikalnog zakona provlači kroz sve fenomene, aktualne i moguće. Korpuskularna hipoteza iz 17.-og stoljeća predstavlja ranu i grubu verziju fizikalizma.

Odjednom smo suočeni s temeljnim problemom koji je toliko zbunio filozofe 17. stoljeća – problemom koji nisu uspjeli odgovarajuće formulirati i koji su pokušali riješiti unutar varijante kartezijanskog dualizma: ako je fizikalizam ispravan, kako onda naš ljudski svijet, koji je ispunjen osjetilnim kvalitetama, svjesnošću, slobodnom voljom, značenjem i vrijednošću, može postojati i razvijati se na naj-

¹³U pogledu navedenog vidjeti reference u napomeni 9.

¹⁴Vidjeti N. Maxwell, 'Popper, Kuhn, Lakatos and Aim-Oriented Empiricism'.

¹⁵Više o tome u radovima navedenima u napomeni 9.

¹⁶Vidjeti moj rad *The Comprehensibility of the Universe*, posebno poglavlja 4 i 7.

¹⁷Vidjeti moje radove *The Comprehensibility of the Universe*, pp. 219–223; *Is Science Neurotic?*, pp. 49–50.

¹⁸Vidjeti moj rad *What's Wrong With Science? Towards a People's Rational Science of Delight and Compassion*, Bran's Head Books, Frome, 1976 (2nd ed., Pentire Press, London, 2009); *Science, Reason, Knowledge and Wisdom: A Critique of Specialism*, *Inquiry* 23, 1980, pp. 19–81; *Philosophy Seminars for Five-Year-Olds*, *Learning for Democracy*, Vol. 1, No. 2, 2005, pp. 71–77 (republished in *Gifted Education International*, Vol. 22, No. 2/3, 2007, pp. 122–127).

¹⁹Vidjeti moje radove *The Comprehensibility of the Universe*, pp. 26–33; *Is Science Neurotic?*, ch. 2.

bolji način? Ako je svemir više ili manje onakav kakvim ga predstavlja moderna fizika, što onda preostaje od značenja i vrijednosti ljudskog života? Filozofi prirode 17.-og stoljeća, bili oni proto-znanstvenici ili proto-filozofi, uzeli su „zdravo za gotovo” da šutnja fizike o onome što je doživljeno – bojama, zvukovima, mirisima kako ih doživljavamo, kao i svjesnošću i svijesti kako ih doživljavamo, znači da sva ova doživljena svojstva zapravo ne postoje u realnom, objektivnom svijetu. Jer, ako bi postojala, fizika bi se sigurno susrela s njima te bi predvidjela i objasnila njihovo pojavljivanje.

Sve je ovo gruba pogreška, kako sam u više detalja pokazao na drugom mjestu.²⁰ Fizika nastoji opisati, predvidjeti i objasniti samo ono što se može nazvati kauzalno efektivnim aspektom stvari, onim aspektom koji određuje kako se događaji razvijaju u vremenu i prostoru. Ono što je doživljeno nije kauzalno efektivno u odgovarajućem značenju te se stoga niti ne spominje od strane fizike. Nadalje, u argumentu koji se obično pripisuje Thomasu Nagelu i Franku Jacksonu,²¹ no koji sam formulirao mnogo godina ranije,²² odlučno sam dokazao da fizika, te dio znanosti koji se u principu može svesti na fiziku, ne može predvidjeti ono doživljeno, bilo da se radi o osjetilnim kvalitetama izvan nas ili senzacijama unutar nas. Nadalje, ako je putem dodatnih postulata fizikalna teorija proširena kako bi uključila ono doživljajno, ona time dramatično gubi svoju zadivljujuću moć objašnjavanja. Sve ovo znači da čak i ako doživljajna svojstva postoje u svijetu izvan nas i unutar nas, možemo navesti dobre razloge zbog kojih fizika ne bi rekla ništa o njima, kao što možemo i objasniti zbog čega fizika ne bi rekla ništa o njima. Dakle, tišina fizike o osjetilnim svojstvima izvan nas i osjetilnim svojstvima u nama ne daje nikakvog povoda za stav da oni ne postoje objektivno u svijetu.

Postaje moguće zastupati stav kako ono što vidimo, čujemo, dodirujemo i mirišimo putem obične percepcije zaista postoji negdje u svijetu. Postaje moguće dati prikaz toga kako naš ljudski svijet postoji u fizikalnom svemiru koji se du-

²⁰ 'Physics and Common Sense', *British Journal for the Philosophy of Science* 16, 1966, pp. 295–311; 'Can There Be Necessary Connections between Successive Events?', *British Journal for the Philosophy of Science* 19, 1968, pp. 1–25 (reprinted in R. Swinburne, ed., *The Justification of Induction*, Oxford University Press, Oxford, 1974, pp. 149–174); 'Understanding Sensations', *Australasian Journal of Philosophy* 46, 1968, pp. 127–146; *From Knowledge to Wisdom*, ch. 10; 'The Mind-Body Problem and Explanatory Dualism', *Philosophy* 75, 2000, pp. 49–71; *The Human World in the Physical Universe*, especially ch. 5; *Cutting God in Half – and Putting the Pieces Together Again: A New Approach to Philosophy*, especially ch. 3; 'How Can Life of Value Best Flourish in the Real World?', in *Science and the Pursuit of Wisdom: Studies in the Philosophy of Nicholas Maxwell*, ed., L. McHenry, Ontos Verlag, 2009, pp. 3–5, 38–56; 'Reply to Comments on Science and the Pursuit of Wisdom', *Philosophia*, 38, Issue 4, 2010, pp. 677–684; 'Three Philosophical Problems about Consciousness and their Possible Resolution', *Open Journal of Philosophy*, vol. 1, no. 1, 2011, pp. 199–208; 'Arguing for Wisdom in the University', *Philosophia*, this issue.

²¹ T. Nagel, 'What is it Like to Be a Bat?', *The Philosophical Review* 83, 1974, pp. 435–450; F. Jackson, 1986, 'What Mary Didn't Know', *Journal of Philosophy* 3, 1986, pp. 291–295.

²² Vidjeti diskusiju u 'Arguing for Wisdom in the University'.

boko razlikuje od onoga kartezijanskog dualizma, kao što se razlikuje i od filozofskih doktrina razvijenih u stoljećima nakon Descartovog vremena. Tako se razvija shvaćanje percepcije koje drži da ono što najneposrednije saznajemo kroz percepciju predstavlja stvari koje su u odnosu na nas izvanjske, a ne naša unutarnja reprezentacija tih stvari. Darvinistička teorija ima ključno mjesto u ovom općem prikazu, budući da darvinistička teorija pomaže objasniti kako i zašto su se na tako zadivljujuć način raširila svrhovita živa bića. Međutim, darvinistička teorija se treba reformulirati kako bi se adekvatno pristupilo razvoju svrhovitosti, svjesnosti, svijesti, slobodne volje, značenju i vrijednosti.²³ Sve u svemu, možemo započeti razumijevati način na koji možemo učiniti smislenim naš ljudski svijest, ispunjen doživljajnim karakteristikama, svjesnošću, slobodnom voljom, značenjem i vrijednostima, čak iako je postavljen u fizikalni svijet koji je shvaćen u skladu sa suvremenom znanošću.

Zaključak argumenata ovog poglavlja i onog prethodnog je da trebamo ponovno stvoriti filozofiju prirode – sintezu znanosti i filozofije. Filozofija posebno treba biti promijenjena, tako da preuzme svoju odgovarajuću zadaću ispitivanja problema našeg razumijevanja nas samih, a koji su nametnuti onime što nam znanost govori o svemiru i nama samima. Rascjep filozofije prirode na znanost i filozofiju nastao je iz intelektualnih promašaja i grubih pogrešaka. Nakon što su one ispravljene postaje očitim da filozofija prirode treba biti uskrsnuta. Postoje važne posljedice navedenog po obrazovanje. Niti jedan nastavni predmet u fizici i znanosti ne može biti adekvatan ako ne diskutira probleme našeg razumijevanja samih sebe – u vidu pitanja kako možemo biti svjesni, slobodni i vrijedni – pretpostavljajući ono što nam suvremena fizika, biologija i neuroznanost govori o svemiru i nama samima. Također, niti jedan nastavni predmet u filozofiji ne može biti adekvatan ako ne uključuje diskusiju o tome što nam moderna znanost govori o svemiru i nama samima. Svi učenici i studenti moraju se suočiti – te im se moraju dati mogućnosti da istraže – naš temeljni problem života i mišljenja: kako možemo postojati i razvijati se na najbolji način, nalazeći se pritom postavljeni u fizikalni svemir?²⁴

²³Vidjeti moje radove See my *The Human World in the Physical Universe*, ch. 7; *Cutting God in Half – And Putting the Pieces Together Again: A New Approach to Philosophy*, ch. 8.

²⁴Kao vodič za to kako se taj temeljni problem može istražiti vidi moj rad: *Cutting God in Half – And Putting the Pieces Together Again: A New Approach to Philosophy*.

7 Kako spasiti svijet?

Stoljeće nakon znanstvene revolucije – koja bi se možda trebala zvati „revolucijom filozofije prirode” – pojavila se još jedna izuzetna intelektualna revolucija: prosvjetiteljstvo. Temeljna ideja prosvjetiteljstva – posebno francuskog prosvjetiteljstva – bila je učiti iz znanstvenog napretka (napretka u znanju nove filozofije prirode) kako postići društveni progres u pravcu prosvijećenog svijeta. Ovo je izuzetna ideja. Nažalost u razradi i primjeni ove izuzetno važne ideje filozofi prosvjetiteljstva činili su veoma grube greške. Umjesto nastojanja da se metode koje dovode do napretka, a koje su dobivene generalizacijom onih znanstvenih, prošire u osobni, institucionalni i globalni život, filozofi su radije nastojali primijeniti pogrešno formirane koncepcije o znanstvenoj metodi na zadaću razvijanja znanja o društvenim pojavama. Posljedica toga je bila da su nastojali razviti ispitivanje društva ne kao socijalnu metodologiju ili filozofiju, već kao društvenu znanost.

Ova je gruba pogreška po prvi puta razvijena tokom 19. stoljeća te ugrađena u akademiju u ranom 20. stoljeću – u vidu stvaranja odsjeka za društvene znanosti širom svijeta. Posljedica je toga ono što imamo danas: akademija posvećena primarno stjecanju specijaliziranog znanja. Znanje prvo treba steći, a onda, nakon što je stečeno, može se primijeniti kako bi se pomoglo u rješavanju društvenih problema. No, kao što sam u više detalja pokazao na ovom i drugom mjestu²⁵, ovo je izuzetno destruktivno i iracionalno. Potreban nam je novi i mnogo stroži vid ispitivanja koji daje intelektualni prioritet problemima života, pritom težeći da i u drugim institucijama osim onih znanstvenih – vladinim, industrijskim, poljoprivrednim, trgovačkim, medijskim, sudskim, obrazovnim, međunarodnim – proširi hijerarhijske metode usmjerene prema postizanju napretka, konstruirane kako bi poboljšale specifične ciljeve dosegnute generalizacijom metoda znanosti. Ovaj novi tip ispitivanja nastojao bi pomoći čovječanstvu da nauči kako razriješiti svoje konflikte i probleme života, na načine koji bi bili pravedniji i kooperativnije racionalni nego što su to trenutni. Njegov temeljni intelektualni i humanitarni cilj bio bi pomoći čovječanstvu da stekne mudrost – pri čemu ta mudrost predstavlja sposobnost da se ostvari (shvati i stvori) ono što je od vrijednosti u životu, za nas same i za druge. Ispravljanje grubih pogrešaka koje smo naslijedili od prosvjetiteljstva potrebno nam je već dugo vremena.

²⁵Vidjeti moj rad 'Arguing for Wisdom in the University', *Philosophia*, kao i radove referirane u tom članku u napomenama 1 i 2.

8 Zaključak

Patimo od dvije duboke i dugotrajne filozofske katastrofe – koje još uvijek nisu prepoznate od strane današnjih filozofa. Prva je naš neuspjeh da održimo ili ponovno stvorimo filozofiju prirode, sintezu znanosti i filozofije. Kao rezultat toga i znanost i filozofija su osiromašene. Druga je naš neuspjeh da razvijemo tip akademskog istraživanja koji je racionalno posvećen pomaganju da ljudi uvide što je od vrijednosti u životu. U mom umu ne postoji dvojba da su ta dva neuspjeha međusobno povezana.

Teško da može postojati važnija zadaća za akademske filozofe od upozoravanja akademskih kolega i javnosti na postojanje ovih dugotrajnih institucionalnih teških pogrešaka te, kao posljedica toga, na hitnu potrebu za znanstvenom i akademskom reformom.

Prijevod na hrvatski: Petar Pavlović

Bazirano na istoimenom radu objavljenom u Philosophia 40 (4):705-715 (2012), objavljeno u skladu s dopuštenjem autora

Kako princip falsifikacije uništava znanost?

=====*Petar Pavlović*=====

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode

petar.pavlovic@icpn.hr

Znanost i filozofija znanosti nažalost nipošto nisu slobodne od dogmatizma, nedodirljivih idola, te nekritičkog i nemisaonog slijedenja trenutne mode. Znanstvenici današnjice, u rijetkim trenucima u kojima se uopće dotiču povijesti znanosti, skloni su da se ismijavaju odbačenim predstavama ranijih vremena – kao što su flogiston ili Aristotelova fizika – kao i njihovom nekritičkom slijedenju od strane ranijih istraživača Prirode, ne razmišljajući o tome kako su na sasvim jednak način kao i znanstvenici prošlosti slijepo uvjetovani od strane intelektualne mode i pretpostavki vlastitog vremena – o kojima u pravilu nisu niti razmišljali više od nekoliko minuta, veći su ih pasivno usvojili od strane autoriteta i odmah krenuli na njihovu mehaničku primjenu. Jedan od glavnih idola u znanosti, a posebno u teorijskoj fizici, je Popperov princip falsifikacije – koji je usprkos svojoj ispraznosti postao neka vrsta troglavog psa Kerbera na vratima priznate i prihvaćene znanosti. Ne toliko zbog filozofske važnosti Popperovih koncepcija po sebi, već zbog njihovog korištenja kao ideologije dominantne paradigme u znanosti, planiramo se u budućim tekstovima detaljno posvetiti njihovoj kritici, kao i kritici tzv. doprinosa Karla Poppera filozofiji i filozofiji znanosti. No, na ovom mjestu nam je cilj samo na jednostavniji i popularniji način ukratko skicirati glavne razloge za odbacivanje Popperovog principa falsifikacije i opisati štetu koju u svojim pojavnim oblicima nanosi teorijskoj fizici i znanosti općenito.

1 Popper i princip falsifikacije

Glavna težnja Poppera bila je postavljanje jasnog principa putem kojega bi se znanost razdvojila od ne-znanosti ili pseudo-znanosti.¹ Popper je vjerovao da je taj cilj ostvario u svojem principu falsifikacije, prema kojemu prava znanstvena teorija predviđa posljedice koje se u načelu mogu nedvosmisleno opovrgnuti na temelju

¹ Karl Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, translation of *Logik der Forschung*, London: Hutchinson, 1959.

budućih opažanja. Ukoliko se u opažanjima nije pokazalo da su posljedice opovrgnute, onda teorija ostaje aktualna i preživljava do budućih opažanja – u protivnome ona se odbacuje u svom dotadašnjem obliku. Teorija se nikada ne može konačno dokazati, ona uvijek ostaje otvorena za nove provjere i potencijalno uvijek može biti odbačena – pa čak i ako je do tog trenutka zadovoljila sve ranije provjere. Na prvi pogled ovaj se princip doima veoma prirodnim i lako razumljivim – što je zasigurno razlog zbog čega je s tolikim entuzijazmom prihvaćen u znanstvenim krugovima, posebno od strane mnogih koji nisu skloni pažljivom i kritičkom promišljanju. U svakom pogledu, Popperova falsifikacija predstavlja korak unaprijed u odnosu na raniji dogmatski pozitivizam koji se temeljio na principu indukcije i ideji da se u eksperimentima teorija može zapravo potvrditi mjerenjima, a na samo opovrgnuti – kako je inzistirao Popper. Korak unaprijed je sada vidljiv u tome što se iz perspektive principa falsifikacije razvoj znanstvenih teorija pokazuje kao otvoreni slijed provjeravanja, opovrgavanja i razvoja novih teorija – umjesto dogmatske slike koja nudi ostvarivanje znanstvenog objašnjenja stvarnosti i njegove potvrde u jednom potezu.

Međutim, prvi se problem sastoji u tome što se upravo u ovome otvorenom i kritičkom vidu princip falsifikacije nikada ne koristi dosljedno, već veoma selektivno – a dosljedno ga nikada nije koristio niti sam Popper (koji naravno, s druge strane, ne može niti snositi krivnju za njegovu daljnju vulgarizaciju od strane dominantne znanstvene zajednice). Princip falsifikacije tako u praksi služi uglavnom kao batina protiv novih koncepcija ili ideja koje se ne uklapaju u trenutno vladajuću znanstvenu paradigmu, a teorije koje su dijelovi te paradigme i njihovi koncepti se naprosto proglašavaju činjenicama i istinama – i na njih se logika falsifikacije ne primjenjuje aktivno. Tako se npr. ne govori da je za sada neopovrgnuti model građe materije onaj koji je modelira kao sastavljenu od izvjesnih struktura koje se nazivaju atomi i kvarkovi, već se kaže samo „svijet se sastoji od atoma i kvarkova“ – što je svakako nešto sasvim drugo. Istovremeno, ne samo školarci, već i znanstvenici, žive u uvjerenju da se sve u doslovnom smislu sastoji od minijturnih entiteta koji realno egzistiraju u prostoru i tvore makroskopska tijela kao što bobe tvore grozd, zamišljajući ih štoviše kao minijturne kuglice ili točke. Ne samo da se na takve koncepcije ne primjenjuje logika falsifikacije – već se štoviše one zadržavaju i nakon što se pokazalo kako su u nepomirljivom proturječju s rezultatima kvantne fizike i kvantne teorije polja. Na isti način se govori da je „na LHC-u otkrivena Higgsova čestica“, a ne da je „u kompjuterskoj analizi eksperimentalnih podataka otkriven signal koji za sada nije u kontradikciji s teorijom postojanja Higgsova polja“. Na nešto dubljoj razini od zadnjeg primjera, princip

falsifikacije se isto tako ne koristi u pogledu koncepta porasta entropije u zatvorenom sustavu, na osnovi kojega bi se ovaj koncept direktno morao odbaciti kao neznanstven prema kriterijima falsifikacije. Zakon o porastu entropije se naime po svojoj definiciji nikada ne može falsificirati: ako se opazi zatvoreni sustav gdje se entropija smanjuje, a ne raste, onda je taj sustav naprosto jedan od onih koji su statistički malo vjerojatni i tendencijska sklonost porastu entropije se i dalja zadržava kao znanstveni princip. Nadalje, ako bi se koristio dosljedno, princip falsifikacije bi se isto tako morao primijeniti na koncepte postojanja energije, mase, prostora, vremena itd. – no oni se naprosto uzimaju kao dati i ne dovode u pitanje. S druge strane, u medicini i biologiji se izvjesne teorijske koncepcije – kao što su one da je svijest posljedica aktivnosti mozga ili da život prestaje smrću tijela – nemaju potrebu pokušati falsificirati nizom novih istraživanja, već se ovdje potreba falsifikacije uz odmahivanje rukom otpisuje razlozima kako su suprotne koncepcije uglavnom pseudo-znanstvene i kako se do sada nije našlo nikakvih empirijskih evidencija za suprotno. To je možda točno, ali sasvim sigurno ne može služiti kao izgovor za otvoreno selektivnu primjenu principa falsifikacije – pogotovo od strane onih koji se falsifikacijom toliko ponosno busaju u prsa. Moglo bi se dati još mnoštvo drugih primjera krajnje selektivne primjene principa falsifikacije na znanstvene teorije, no za time nema potrebe na ovome mjestu – budući da zapravo ne bi vodilo do dubljeg razumijevanja trenutne problematike.

2 Popper kao maskota u službi zaštite status-qua u znanosti i društvu

Dok je u pogledu ranijeg otvoreno dogmatskog pozitivizma Popperov princip falsifikacije predstavljao korak unaprijed, on istovremeno predstavlja nekoliko koraka unazad na nove perspektive kritičkog sagledavanja svijeta, društva i psihe koje su dobivale utjecaj s prelaska 19. u 20. stoljeće, te zapravo predstavlja konzervativnu reakciju na njih. Prva od njih bila je tradicija njemačkog klasičnog idealizma, koja je dosegla vrhunac u Hegelovoj filozofiji. Velika važnost ovog filozofskog pravca proizlazi iz toga što je započeo s temeljitim i kritičkim ispitivanjem pretpostavki raznih znanstvenih disciplina i spoznajnog iskustva uopće, shvaćajući ga kao razvojni proces koji se ne može objasniti na temelju pasivnih kategorija formalne logike, budući da u sebi sadržava odnose među proturječjima, te se iskazuje kao cjelovita čovjekova stvaralačka misaona djelatnost. Razrada Hegelova sistema je pokazala kako je svaka stvar, element empirijskog iskustva, misao itd. u neminovnom proturječju sa svim ostalim konačnostima i u proturječju prema

samoj sebi, kako je nadalje suština svake konačnosti upravo nebiće, te svoju istinu dobiva samo kroz totalitet, kroz koji zapravo postoji i čiju realizaciju predstavlja – totalitet koji upravo u svom kretanju, u kojemu se zatvara u samoga sebe – odnosno kroz svoju refleksiju – proizvodi sve konačno kao fenomen.² Hegelova dijalektika je stoga razorila pasivno oslanjanje na autoritet empirijskih objekata, nepromjenjivih formi mišljenja i formalno-logičkih formi suda i zaključka, isključenja trećeg i principa neproturječja. Time je neugodno dovela u pitanje i tlo na kojemu su toliko dugo vremena bez ikakve brige i razmišljanja počivale prirodne znanosti. Pojavljivanje marksizma je pak predstavljalo istovremeno daljnju razradu Hegelove dijalektike na pitanja organizacije društva i razvoja historije kao i njezinu negaciju – jer sada su u tom pristupu ekonomski odnosi, a ne više relacije među idejama, shvaćene kao temeljna razina društvene stvarnosti. Proučavajući ovisnost institucija, morala, običaja i političkih odnosa o ekonomskim odnosima, posebno o borbi između vladajućih i potlačenih klasa, marksizam je omogućio objektivno sagledavanje društvenih pojava i oslobodio ga sentimentalnosti i propagandi vladajućih skupina, radikalno doveo u pitanje trenutni društveni poredak zasnovan na eksploataciji i stihijskoj proizvodnji jedino u cilju stvaranja profita, te je filozofiju kao tumačenje svijeta pretvorio u borbu za njegovom promjenom. Konačno, psihoanaliza je otkrila fundamentalnost principa nesvjesnog u psihi, te je primitivno i redukcionističko proučavanje psihe kao kolekcije raznih nepovezanih stanja ovisnih naprosto o vanjskim podražajima i fiziologiji mozga, nadomjestila proučavanjem domene u kojem je relativno autonomna, te ostvaruje veze i procese usmjerene prema adaptaciji na uslove okoline, a zatim i na potiskivanje nepoželjnih i regresivnih sadržaja u nesvjesno ili manifestiranje iz njega.

Radikalnost svake od ovih novih struja mišljenja izazvala je veoma agresivnu reakciju konzervativnih struja u znanosti i svih onih zainteresiranih za očuvanje postojećeg poretka i postojećih paradigmi. Razne struje pozitivista, u koje je spadao i Popper (ma koliko god se ne slagao s nekima od dogmatičnijih predstavnika ove reakcije) nastojale su prvo odbaciti svaku refleksivnu filozofiju i metafiziku, te usvojiti empirijsku znanost kao jedini i ekskluzivni put prema spoznaji svijeta – i time, ignoriranjem, automatski odbaciti potrebu da odgovore na razornu Hegelovu kritiku pretpostavki i metodologije prirodnih znanosti. Osim zaštite konvencionalnih pojmova i metoda empirijskih znanosti od kritike, cilj je bio zaštititi postojeći sistem od zahtjeva za njegovom promjenom – npr. pod maskom opozicije „totalitarizmima” (gdje je očigledno pogrešna logika te opozicije izjednačavala jedan sistem – onaj staljinistički ili „realsocijalistički” sa svakom alternativom ka-

² Hegel, G.W.F. Nauka logike I-III Nikola Popović, Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd, 1977

pitalizmu) ili zagovaranja tzv. „otvorenog društva” (koje usprkos proklamiranom izostanku svake ideologije, zapravo predstavlja tihi diktaturu ideologija kapitalizma i uz njega vezanog parlamentarizma). U Popperu su stoga bezbrojni sitni glasovi znanstvenih mediokriteta – uplašeni od kritičkog duha metafizike i dijalektike, te malograđani uplašeni radikalne društvene promjene – ili pak neugodne ideje o primarnosti nesvjesnih procesa u psihi – pronašli svog zaštitnika koji ih je umirivao. Upravo u tome treba tražiti razlog za tolikom popularnošću Poppera koja je u potpunosti neproporcionalna s dubinom njegovih misli i značajem njegova djela. Njegova simpatičnost je dodatno rasla u percepciji akademskih mediokriteta time što se njegova filozofija hvalisavo izdavala za otvorenu i nedogmatisku. No, ispod te etikete otvorenosti nalazi se zapravo strogi i nekritički dogmatizam: jer jednako kao što njegovo „otvoreno društvo” biva otvoreno za partikularne razlike u stavovima i principima, ali istovremeno pretpostavlja vladajući društveno-ekonomski poredak sa svojim odnosima eksploatacije kao bogomdan, tako i njegov princip falsifikacije otvara prostor da se znanstvene teorije neprestano ispituju i dovode u sumnju, no same pretpostavke znanstvene metodologije, formalne logike, epistemologije i metafizike na kojima se zasniva trenutna empirijska znanost isključene su od svake kritike. Drugim riječima takva navodna otvorenost postoji samo unutar strogih granica *statusa-quo*. O Popperovim vlastitim konzervativnim motivacijama ne preostaje mnogo mjesta za sumnju: Popper je u neku ruku bio opsjednut borbom protiv marksizma i psihoanalize, dok je Hegela, uz Marxa i Platona, držao glavnim neprijateljima svojeg koncepta „otvorenog društva”, a u dijalektici vidio jednog od glavnih neprijatelja znanosti. Štoviše, jedna od glavnih motivacija za Popperovu razradu principa falsifikacije bila je dokazati da marksizam i psihoanaliza nisu znanost, dakle potvrditi jedno unaprijed usvojeno uvjerenje. Premda pitanje odnosa falsifikacije prema marksizmu i psihoanalizi uvelike prelazi opseg ovoga teksta i neće biti otvoreno na ovome mjestu, implicitna kritika Popperovih stavova po ovom pitanju moći će se iščitati iz prikazane kritike principa falsifikacije u odnosu na empirijske znanosti.

3 Neki temeljni problemi principa falsifikacije

Temelji Popperove filozofske perspektive, usprkos njegovoj partikularnoj kritici nekih njezinih aspekata, su zapravo dani tradicijom empirizma, čija je polazna pretpostavka da je proces spoznaje određen u prvom redu iskustvom koje je dano čulima. Kao i kod svake druge varijante empirizma problem je Popperovog pristupa u tome što on zapravo ne uzima realno iskustvo čula kao svoj polazni materi-

jal, već kao svoje polazište podmeće jedno prijelazno izvedeno stanje koje se sastoji od elemenata čulnog materijala modeliranog i oblikovanog od strane svijesti, koje otvara put konstrukciji raznovrsnih pojmova i njihovih odnosa. Tako se kao fundamentalan pretpostavlja jedan svijet objekata, konkretnih i međusobno nezavisnih stvari koje imaju raznovrsna svojstva i koje se mogu istinito reprezentirati na temelju rečenica i sudova, te uobičajene aristotelovske logike. No, nasuprot tome, direktno iskustvo čulnog materijala je samo izostanak svake diferencijacije i svake određenosti – štoviše, bez aktivnosti psihe raznovrsni rezultati aktivnosti pojedinih osjetilnih organa – kao što su sluh, vid i miris – ne mogu ni biti sintetizirani u jedinstvenost iskustva percepcije, u kojima tek dobivaju svoju formu koja nam je poznata. Stoga u prvobitnom iskustvu svijesti još ne postoje objekti, niti prostor ni vrijeme, niti mogućnost sudova, a niti logičkih veza među njima. Podmećući pak jedno stanje koje je samo proizvod naknadne razumske konstrukcije – takve koja iz jedinstva svijesti razdvaja odredbe i postavlja ih na stranu jedne od druge – kao primarno, empirizam nužno ostaje dogmatičan u odnosu na njegove predstave i sliku svijeta koja se odatle izvodi. Time što prešutno polazi od ove perspektive, u nemogućnosti da shvati primarnost principa neprekidne promjene u psihi i svijetu, on se prema objektivnom svijetu ne odnosi negativno – odnosno kritički, ne razmatrajući inherentnu sklonost psihe i drugih oblika materije za svojim vlastitim negiranjem – kao i negiranje svijeta objekata kao preduvjet za razvoj same svijesti, već ih uzima kao pasivnu neupitnu datost. Ostajući robom takve perspektive afirmativnog odnošenja prema razumskim konstruiranim fenomenima, pretpostavljajući mogućnost izoliranih „činjenica” i zasebnih iskaza o njima kao puta prema spoznaji svijeta – i time empirijskih znanosti kao povlaštenog oblika spoznaje, Popperov pristup zapravo predstavlja samo jedan od pojavnih oblika pozitivizma i to sasvim u tradiciji koja datira još od Augusta Comtea, te jednako tako izražava konzervativne tendencije u promišljanju empirijskih znanosti i društva koji su jedno od njezinih glavnih svojstava – čime se hvalio već i Comte ističući ugodne efekte pozitivizma po očuvanje postojećeg poretka.

Sve se ove pretpostavke manifestiraju i u principu falsifikacije koji u potpunosti pretpostavlja elemente ove perspektive. Tako Popper pretpostavlja da, barem u principu, postoji nezavisno odnošenje teorije i izvanjskih opažaja i da se taj odnos uspostavlja razradom jednostavne propozicije, koja ima formu suda, i njezinim „testiranjem“. U skladu s time, superiornost neke teorije nad drugom je – i u fazi prije njezine empirijske provjere – prema Popperu dana samo time što neka teorija ima veći empirijski opseg, odnosno veći opseg interpretacije fenomena. Time se zapravo teorija već u svojem razvijanju čini robom – i to zapravo ne nepo-

srednog empirijskog materijala, već, kako smo diskutirali, razumski konstruiranih pojmova i pretpostavki empirizma – te se zapostavlja njezina misaona strana i time spekulativna superiornost jedne teorije u odnosu na drugu. Jedan od Popperovih primjera za navedeno je odnos Einsteinove opće relativnosti prema Newtonovoj teoriji gravitacije, gdje bi se superiornost Einsteinove teorije trebala vidjeti prvenstveno u većem opsegu empirijskog materijala kojega opisuje. No, prava superiornost Einsteinove relativnosti se ne pokazuje u tom, plitko-kvantitativnom principu empirijskog opsega, već u tome što u sebi ostvaruje sintezu do tada razjedinjenih pojmova prostora, vremena i gibanja, te do tada neobjašnjivu pojavu gravitacije, koja se skrivala iza misterioznog pojma „sile”, svodi na geometriju prostor-vremena. Zamislimo da se, zbog nekog tehničkog matematičkog razloga, jednačbe Einsteinove gravitacije zapravo nikako nisu mogle riješiti u nizu slučajeva u kojima su Newtonove davale rješenje – i da je zapravo ukupni empirijski opseg Einsteinove teorije uži od Newtonove. Robu principa falsifikacije bi to bilo dovoljno da proglasi Einsteinovu teoriju inferiornom, time u potpunosti ignorirajući njezinu pojmovnu i teorijsku superiornost. Time se na ovom mjestu u Popperovom pristupu anticipira ono što će postati temeljna odredba suvremenih istraživanja u znanosti: nezainteresiranost za ispitivanje strukture realnosti i njezinih temeljnih svojstava, uz potpuni fetišizam proširivanja „empirijskog opsega” modela. U praksi se to svodi na ignoriranje fundamentalnih teorijskih principa i proizvodnju – zapravo manijakalnu hiperprodukciju- konkretnih „rezultata”, pri čemu niti ne postoji prevelika briga u kojoj mjeri su pretpostavke krive ili problematične – sve dok se izbacuju novi „rezultati” i time opravdavaju financiranja, te investitori projekata osiguravaju za nova istraživanja. Budući da će se teorija s manjim empirijskim opsegom smatrati inferiornom, a sve nove teorije – pogotovo teorije utemeljene na radikalnijim i kompleksnijim konceptima – nužno počinju iz takvog stanja, princip falsifikacije će u pravilu djelovati konzervativno – sabotirajući nova i radikalna istraživanja, te favorizirajući teorije i znanstvene grane koje su manje fundamentalne i gdje je stoga lakše proizvesti konkretne „rezultate” s empirijskim posljedicama.

Inzistiranje na nužnosti konzistentnog odnosa teorije prema eksperimentu, odnosno sinteze teorijskog i eksperimentalnog iskustva u znanstvenom istraživanju, svakako predstavlja zdravi moment u principu falsifikacije, koji bi trebao biti zadržan. No, ranije diskutirani pozitivistički i formalistički pristup Poppera ovom pitanju dovodi do toga da teorija u potpunosti gubi svoj autonomni karakter, te mora svoje postojanje i svu svoju opravdanost neprestano dokazivati pred logikom famozne „empirije”. Istina je da i najdublja i filozofski najkonzistentnija

teorija ne vrijedi mnogo ako je u nepomirljivoj i stalnoj opreci prema eksperimentalnim rezultatima, no to ne može služiti kao razlog da se u potpunosti odbaci izvjesna autonomija teorijske sfere, te da o relativnoj superiornosti teorija odlučuju ujedno i njihovi filozofski i teorijski principi po sebi. S druge strane, sama mogućnost – kod Poppera toliko visoko postavljena – neke teorije da reproducira rezultate eksperimenta nikako se po sebi ne može uzeti kao pokazatelj njezine opravdanosti, a još manje superiornosti. Svaka se po sebi besmislena teorija može učiniti da bude bez kontradikcija s eksperimentima i s po volji širokim empirijskim opsegom ako se uvede dovoljan broj slobodnih parametara i pretpostavki.

Dobar povijesni primjer za to, kao i za nedopustivo simplifistički i redukcionistički karakter principa falsifikacije, je dan u pitanju gibanja Zemlje i Sunca. Prvobitni Aristarhov heliocentrični model bio je veoma slab po pitanju konkretnog objašnjavanja nebeskih pojava, drugim riječima upravo po pitanju kriterija falsifikacije i po svom empirijskom opsegu. Mnogo bolje je stajao geocentrični Ptolomejev sustav koji je *ad hoc* uvodio epicikle, odnosno dodatno kružno gibanje planeta, kako bi reproducirao podatke mjerenja, a još bolje su stajale kasnije srednjovjekovne modifikacije Ptolomejevog sustava koje su stalno povećavale njihov broj. Samo je kasniji Keplerov uvid u nešto što se sa stajališta pitanja pozicije središta sustava nebeskih tijela pokazuje kao tehnički detalj – da su putanje planeta dane elipsama – omogućio pobjedu heliocentrične teorije. Međutim, od samoga početka postojali su i snažni filozofski razlozi protiv geocentrične teorije utemeljeni na potrebi da se Svemir shvati kao beskonačan i da se u skladu s time Zemlji oduzme središnji položaj, kako je o tome detaljno diskutirao Giordano Bruno.³ Treba istaknuti da su u razdoblju potpune dominacije geocentričnog sustava upravo filozofski razlozi, kao što je bila inspiracija hermeticizmom kod Kopernika, održavali ideju heliocentrizma i omogućavali njezin daljnji razvoj. Za princip falsifikacije, kao i pozitivizam u cjelini, ovakvi razlozi nisu od apsolutno nikakvog interesa, te bi princip falsifikacije – bez ikakve sumnje – u svojoj primjeni snažno sabotirao razvoj heliocentrične teorije svojim redukcionističkim pozivanjem samo na falsifikabilnost i empirijski opseg, te sudjelovao u dodatnoj konsolidaciji geocentričnog sustava i time veoma usporio razvoj znanosti; jednako kao što i danas favorizira one teorije koje su usmjerene samo na dodavanje novih epicikli.

Neprihvatljivo zapostavljanje autonomnog karaktera vrijednosti teorije po sebi, a ne samo u odnosu na eksperiment, koje proizlazi iz logike Popperovog pristupa znanstvenim teorijama, odnosno principa falsifikacije, možemo vidjeti i u

³On the Infinite, the Universe and the Worlds: Five Cosmological Dialogues (Giordano Bruno Collected Works) (Volume 2), CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014

narednom primjeru. Zamislimo da se, na osnovi veoma malenog broja razumljivih principa i veoma transparentne logike postavi elegantna teorija koja ujedinjuje kvantnu fiziku i gravitaciju, te uz to daje i ujedinjeni opis svih interakcija u Prirodi. Uz to, uzmimo da takva hipotetska teorija ima dobro definiran limes u kojem se svodi na ranije teorije – tako da je iz nje moguće rekonstruirati Einsteinovu gravitaciju i kvantne teorije polja. Međutim, uzmimo da teorija sama po sebi ne daje nikakve rezultate koje se mogu usporediti s opservacijama – primjerice da su njezine jednadžbe za situacije od empirijskog interesa toliko kompleksne da se ne mogu riješiti. U takvoj situaciji – uzimajući u obzir činjenicu da ta teorija ostvaruje sintezu ranijih razjedinjenih teorija i da je po svojoj strukturi teorijski superiornija – ta hipotetska teorija bi svakako trebala biti posebno favorizirana u odnosu na ranije teorije kao i njihovu sumu. To međutim nije tako prema logici principa falsifikacije. Primijenjen u svojoj sirovoj formi, princip falsifikacije bi ovu teoriju, budući da ne daje nikakva predviđanja, proglasio pseudo-znanstvenom. Nema sumnje da bi protivnici ovakve teorije odmah posegnuli za takvom primjenom principa falsifikacije. Nadalje, budući da ne može opravdati nove investicije i pokretanje novih eksperimentalnih programa, razvoj takve teorije bi u pravilu bio zapostavljen (čime bi se usporilo i eventualno dolaženje do empirijskih posljedica teorije u budućnosti). U nekoj svojoj modificiranoj formi princip falsifikacije bi mogao priznati ovoj hipotetskoj teoriji znanstveni status, uzimajući u obzir njezinu mogućnost matematičkog prijelaza na ranije teorije u odgovarajućim režimima kao oblik propozicije koja sama ne vodi na empirijske posljedice, ali čije pak posljedice (stare teorije) vode na empirijske posljedice. No i u najboljem slučaju, s obzirom na jednak empirijski opseg – ovoj bi se teoriji mogao priznati tek status koji je ekvivalentan sumi ranijih teorija, čime se u potpunosti ignorira njezin revolucionarni karakter i teorijska superiornost.

U teorijskoj fizici je slijeđenje principa falsifikacije, te prikazane logike koja je njegova posljedica, pretvorilo znanost u otvorenu farsu, u mjeri u kojoj to Popper vjerojatno nije mogao ni zamisliti – te bi se vjerojatno i on sam donekle lecnuo da je u stanju vidjeti posljedice primjene svoje metodologije. Navedeno pretvaranje u farsu je nužna posljedica redukcionizma: fetišističko usmjeravanje na jednu tendenciju ili princip – ovdje empirijski opseg i falsifikabilnost – dovodi do zapostavljanja svih ostalih komponenata kao i veza među njima – a time se niti sam fetišizirani element više ne može primjereno shvatiti, budući da on postoji samo kroz te odnose koji su ignorirani. Tako radovi u teorijskoj fizici uglavnom nisu usmjereni prema konstruiranju novih modela kojima bi cilj bio dublje razumijevanje strukture realnosti ili fundamentalnije razumijevanje trenutnih koncepata, već prema

konstruiranju modela koji će što bolje zadovoljiti princip falsifikacije. Princip falsifikacije se tako, od naknadnog kriterija za vrednovanje neke teorije jednom kada je ona postavljena, postepeno pretvorio u samu primarnu motivaciju za konstruiranje modela. Takav naopaki razvoj stvari je zapravo prirodan: jer ako će se neki model ocjenjivati prema principu klasifikacije – a to će odrediti njegovu priznatost, citiranost, a time i buduće financiranje znanstvenika – onda će znanstvenik u lovu na uspjeh (ili bolje kazati preživljavanje u znanosti) uzeti kao svoj putokaz upravo taj princip, te svoju teoriju izgraditi tako da ga što više ispunjava, ignorirajući pritom „apstraktnu” potrebu za dubljim razumijevanjem Prirode. Na primjer, nevjerojatna količina znanstvenih radova objavljena je u posljednjem razdoblju na temu proširivanja Standardnog modela novim elementarnim „česticama” kao što su novi tipovi sterilnih neutrina itd. U pravilu ti dodaci nemaju nikakvu duboku teorijsku motivaciju, te s konceptualne točke gledišta predstavljaju samo gubljenje elegancije i porast proizvoljnosti i broja dodatnih pretpostavki modela. Često opravdanje i motivacija za takve modele je samo to što vode na mjerljive posljedice po razvoj ranog Svemira, primjerice stvaranje gravitacijskih valova koji bi se mogli detektirati instrumentima koji se planiraju pustiti u pogon u narednih par godina. U sličnu svrhu umjetnog dobivanja mjerljivih učinaka, točno tako uvedenih da se mogu opaziti upravo u detektorima koji se uskoro planiraju izgraditi, u standardne teorije su dodavani novi tipovi Higgsa i drugih skalarnih polja, te raznih egzotičnih procesa i novih dimenzija – gdje jedino mašta predstavlja granicu za izmišljanje uglavnom besmislenih mehanizama uvedenih kako bi se modeli mogli falsificirati, a novi eksperimenti dobiti dodatna opravdanja za financijska ulaganja. Nasuprot poplavi ovakvog smeća od znanstvenih radova – koji se vrlo brzo pišu, sakupljaju velik broj citata, a nakon toga ubrzo odlaze u potpuni zaborav, ne doprinoseći daljnjem razvoju fizike – fundamentalna, te teorijski i filozofski motivirana znanstvena ispitivanja su izrazito sabotirana budući da njihova izrada zahtijeva mnogo više vremena, interes za njihovim citiranjem je znatno manji, a u svojim počecima takve nove teorije uglavnom još nemaju dobro definirane empirijske posljedice – i time im stalno visi nad glavom osuda za pseudo-znanost. No upravo je sav fundamentalni napredak u znanosti nastao na temelju takvih znanstvenih istraživanja. Einstein ili Newton se nisu bavili pitanjem kako konstruirati teoriju koja će se moći (što brže) postaviti pred test falsifikacije, nego su pomno promišljali odnose i smisao prostora, vremena i gibanja u toku dugog niza godina, te razvijali teorije na temelju filozofskih principa i teorijske dosljednosti, a tek su mnogo kasnije – kada su teorije bile postavljene – razmatrali njihove empirijske posljedice.

Najslabija točka principa falsifikacije je ujedno njegova jezgra – ideja da se teorije mogu na jednostavan i dobro definiran način falsificirati eksperimentom. U toj perspektivi, posljedice teorije se mogu formulirati u vidu forme suda, te se takve propozicije mogu usporediti s opažanjima, koje bi u odnosu na teoriju onda trebalo stajati u ulozi nekog nezavisnog suca koji svojim autoritetom teorije ruši ili privremeno propušta dalje. Problem se nalazi u tome što je sama priroda opažanja u svojoj kompleksnosti i implicitnoj ovisnosti o teoriji nespojiva s takvom ulogom. Kao što smo diskutirali ranije, neposredno čulno iskustvo – koje se sastoji u jednostavnoj percepciji cjeline fenomena bez ikakve razlike i partikularnih pojmova – nije u stanju da falsificira ili da uopće bude uspoređeno s posljedicama znanstvenih teorija, jer ono u sebi nema postavljene pojmove i njihove odnose koji su temelj teorijskih konstrukcija. Da bi jedno takvo direktno opažanje dobilo formu eksperimenta koji se sagledava u okviru pojmova prirodnih znanosti, potrebno je da se jednostavno čulno iskustvo preradi i diferencira u okviru pojmova i pretpostavki prvo niza metafizičkih, a zatim i znanstveno-teorijskih paradigmi. Zbog toga se eksperiment zapravo dominantno sastoji od usporedbe teorije sa samom sobom, a ne primarno s čulnim opažanjima. Štoviše u razvoju znanosti, koji se pokazuje kao sve veće uzdizanje iznad neposredne čulne razine, ova crta u odnosu eksperimenta i teorije postaje sve više izražena: Galilejevi su eksperimenti sa slobodnim padom analizirali fenomene u okviru unaprijed konstruiranih pretpostavki pojmova lokacije, vremena, brzine i njihovih matematičkih veza – no nisu zahtijevali i prihvaćanje teorijskih principa same kinematike unaprijed – koji su se stoga mogli relativno nezavisno usporediti s pojavama; dok suvremeni eksperimenti u akceleratorima čestica pretpostavljaju ne samo ove pojmove i njihov odgovarajući okvir, već prilikom analize električnih signala koje interpretiraju kao tragove fizikalnih procesa koriste brojne reakcije, zakone sačuvanja i teorijske rezultate Standardnog modela – tako koristeći dijelove iste paradigme za usporedbu te paradigme s eksperimentima.

Popper je bio prisiljen priznati da su opažanja uvijek u nekoj mjeri određena teorijom i raznim vidovima pristranosti, no zbog svoje pozitivističke perspektive nije mogao uvidjeti koliko je skriveno ulaženje teorije – a ujedno i metafizike – u eksperiment dio njegove vlastite suštine. U svakom slučaju, Popper je bio sasvim u pravu kada je naglašavao da se teorija ne može nikada potvrditi eksperimentom, već samo dovesti u pitanje. Drugi je problem što se u znanstvenoj zajednici princip falsifikacije s vremenom pretvorio u posebno vulgarnu i dogmatsku varijantu u kojoj se teorije koje nekoliko puta zadovolje kriterij falsifikacije proglašavaju „istinom”, „jezikom prirode” i uvidom u „um boga” itd. No bilo u svom originalnom

ili kasnijem vulgarnom obliku princip falsifikacije zbog navedenog zavisnog odnosa teorije i eksperimenta zapravo gubi svoj smisao demarkatora znanosti od pseudo-znanosti, kao i matrice za objašnjavanje rasta ljudskog znanja. Ono što usporedba posljedica teorije s eksperimentom govori jest zapravo samo to u kojoj mjeri je neka teorijska paradigma (zajedno s konkretnom hipotezom ili propozicijom koja je zapravo njezin tehnički dio) u stanju da neke fenomene interpretira u jeziku svojih vlastitih pojmova i pretpostavki ostajući sa sobom konzistentna. Dakle ne samo da jedan eksperiment ne može potvrditi teorijsku konstrukciju, nego niti beskonačan broj eksperimenta ne može po sebi potvrditi teoriju, budući da svaki ispituje samo konzistentnost teorije s interpretacijom fenomena u okviru te teorije, a ne odnos teorije prema Prirodi – do kojeg je zapravo jedino stalo. Superiornost neke teorije u pogledu zadovoljavanja principa falsifikacije zbog toga je samo superiornost u konstrukciji interpretacije – u kojoj će dominirati teorije s većim brojem stupnjeva slobode i slobodnih parametara koje se mogu po volji podešavati – a ne superiornost u bilo kojem spoznajnom smislu. Konzistencija između teorije i eksperimenta zasigurno predstavlja nužan moment u razvijanju i prihvatanju svake teorije, no zbog svojih unutarnjih problema i kompleksnog karaktera spoznajnog procesa, ta konzistencija ne može služiti kao ekskluzivni ili dominantni princip oko kojega se gradi vrednovanje teorija i interpretacija rasta ljudskog znanja. Problem zavisnosti eksperimenta od teorije i stoga česte prikri-vene kružne logike u znanosti upućuje na potrebu razvoja jedne nezavisne i kritičke filozofije znanosti. Samo takva filozofija znanosti može, detektirajući i kritički analizirajući sve metafizičke, matematičke i znanstvene pretpostavke kako teorije, tako i eksperimenta – s posebnim naglaskom na kritiku teorijskih pretpostavki prešutno prisutnih u eksperimentima – omogućiti rad na autonomiji teorijske i eksperimentalne sfere – koja je preduvjet za njihovu istinsku sintezu, te dovesti to ispravnog vrednovanja teorija. U odnosu na takav rad, koji je nužno iscrpan, istovremeno spekulativan kao i empirijski, te obuhvaća u svom jedinstvu razne discipline, ne postoje nikakve jednostavne prečice u vidu simplificirajućih jednostranih principa, u koje spada i princip falsifikacije.

Drugi centralni problem principa falsifikacije proizlazi iz pretpostavke da je teorija neka zasebna dobro definirana jedinica, pri čemu je moguće na jednostavno određeni način postaviti pitanje njezinog odnosa prema eksperimentu kroz razradu njezinih posljedica. Ovakva pretpostavka proizlazi iz formalističkog i redukcionističkog Popperovog pristupa koji pojedine dijelove ljudskog znanja sagledava kao jedinice s postavljenim granicama, umjesto kao momente jedne sveukupnosti koja se neprekidno mijenja i uključuje kompleksne odnose međusob-

nog uslovljavanja između tih pojedinih momenata, kao i momenata i same cjeline. Drugim riječima, kako je neka teorija samo moment jedne paradigmatičke strukture koja se sastoji od dinamičkih relacija s drugim teorijama, u kojima one fluidno ulaze jedna u drugu i međusobno se podupiru – strukture koja je dodatno poduprijetu izvjesnim implicitnim filozofskim pretpostavkama – to je nemoguće postaviti pitanje o statusu jedne posebne teorije kao izolirane jedinice. Stoga, ako je neka teorija falsificirana i oborena eksperimentom onda je uvijek moguće pretvoriti je u teoriju koja je zadovoljila eksperimentalne testove naprosto mijenjanjem odgovarajuće teorijske strukture i dodavanjem novih pretpostavki, tako uvedenih da osiguraju efekte koji su pokazani u eksperimentima. Ovakav razvoj je zapravo toliko tipičan za znanost da je navedeni problem prepoznat ubrzo nakon postavljanja principa falsifikacije, te je u simplificiranom pojavnom obliku bio poznat i Popperu. Njegov pokušaj da se oslobodi ovog pitanja pretpostavkom da bi takve teorije *s ad hoc* dodacima postale tako neuvjerljive i nezgrapne da će se naprosto odbaciti zapravo samo ukazuje na težinu problema. Tko će i na temelju kojih kriterija odlučivati o tome kada se takve teorije, koje zapravo zadovoljavaju princip falsifikacije, trebaju odbaciti? Uz princip falsifikacije tada bi trebalo razraditi i jedan drugi formalni kriterij koji bi odgovarao na ovo pitanje, a koji Popper nikada nije predstavio. Pravi odgovor je naravno da će o tome odluku donositi „znanstvena zajednica” (odnosno predstavnici dominantnih struja i *statusa quo* u znanosti) u skladu sa svojim interesima – dakle na temelju subjektivnih motiva i sklonosti. U tom kontekstu je postojanje principa falsifikacije u potpunosti suvišno, jer je mnogo jednostavnije naprosto iskreno od početka dati toj famoznoj „znanstvenoj zajednici” pravo da po svojim subjektivnim motivima odlučuje o statusu teorija kako joj drago.

U kontekstu ove problematike, razvoj kozmologije i astrofizike u zadnjim desetljećima je veoma zanimljiv iz perspektive primjene principa falsifikacije. Opis evolucije Svemira i dinamike zvijezda i galaksija prvo je opisan jednostavnom primjenom Einsteinove gravitacije na materiju i energiju koja je u skladu s poznatim i empirijski ustanovljenim svojstvima. Predviđanja ove teorije su ubrzo falsificirana i pokazano je da su u suprotnosti s rezultatima eksperimenta: izmjerene ovisnosti brzina zvijezda o udaljenosti od centra galaksija, kao i gibanje skupova galaksija, nisu u skladu s teorijskim propozicijama. Zbog toga je pretpostavljeno da postoji nekakav novi tip misteriozne supstancije, nazvane tamna materija, i njezin pretpostavljeni udio je točno takav da objašnjava ovaj konflikt teorije i eksperimenta. Zanimljivo je da se ovaj primjer falsifikacije teorije danas zapravo – po do kraja obrnutoj logici – uglavnom naziva „dokazom” postojanja tamne ma-

terije. S druge strane, kada je teorija primijenjena na razvoj Svemira ustanovljeno je da predviđa puno kraće vrijeme postojanja Svemira od vremena potrebnog za uspostavu korelacije između udaljenih točaka i teorija je time opet falsificirana. Sada je pak pretpostavljeno da je postojao neki dodatni mehanizam – za koje se uvodi novi tip skalarnog polja (koje mora, kako je pokazano, imati sasvim specifična svojstva) kako bi eksponencijalnom ekspanzijom ranog Svemira efektivno stvorio dodatno vrijeme za uspostavu korelacija. Kada je pak teorija primijenjena na evoluciju Svemira ponovno je falsificirana: pokazano je da se Svemir širi ubrzano, a ne usporeno kako teorija predviđa. I ponovno je naknadno uveden dodatni mehanizam kako bi se izbjegla ova kontradikcija – pretpostavljena je neka misteriozna supstancija, za koju kao i za tamnu materiju ne postoji neka nezavisna empirijska potvrda, koja se naziva tamna energija. Usprkos ovoj nezgrapnosti i uvođenju mnogih umjetnih pretpostavki prilikom neuspjeha teorije da zadovolji testove falsifikacije, znanstvena zajednica i dalje – uglavnom nekritički – vjeruje u standardni model kozmologije jednako kao što vjeruje i u princip falsifikacije.

Iako inzistiranje na provjeravanju konzistencije teorija eksperimentima, kao i kritika principa indukcije i naivnog uvjerenja da eksperimenti mogu „potvrditi” teorije, trebaju svakako biti zadržani, svi prikazani razlozi zahtijevaju da se odbaci svako pozivanje na princip falsifikacije i da mu se oduzme svaka relevantnost u diskusijama o razvoju znanosti. Problem razvoja znanstvenih teorija zahtijeva perspektivu koja teorijsko znanje o Prirodi – dakle organizirano iskustvo svijesti o Prirodi – te kretanje same Prirode shvaća kao dva relativno autonomna jedinstva raznovrsnih momenata u stalnoj promjeni, koji svoju povezanost uspostavljaju kroz medij eksperimentalnog iskustva kao ostvarenog jedinstva tih dvaju opreka. Njihova relativna autonomija ne isključuje njihovo sagledavanje kao modifikacije jedne univerzalne supstancije, niti pretpostavlja neki vid dualizma psihe i materije, već samo ukazuje na njihovu visoku razinu specifičnosti i raznovrsne kompleksnosti – gdje zapravo ostvarivanje ujedinenja kretanja teorije i kretanja Prirode, dakle ukidanje te njihove neposredne drugotnosti putem spoznaje, predstavlja pravi cilj znanosti. Jedna je od zadaća filozofije prirode da iznese na vidjelo sve skrivene pretpostavke znanstvenih teorija i sve skrivene veze eksperimenata s teorijama, te ih podvrgne bespoštednoj kritici – tako omogućavajući njihov otvoreni i zdravi razvoj, te da na temelju ukupnosti spekulativnih i empirijskih elemenata teorija dade njihovu ocjenu. Bez takve filozofije prirode razvoj znanosti mora nužno biti zapriječen, o čemu najbolje govori trenutno stanje znanosti.

Kritika temelja klasične i kvantne fizike - prvi dio

————— *Petar Pavlović* —————

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode

petar.pavlovic@icpn.hr

1 Uvod

Radikalna promjena znanstvene paradigme u vidu zamjenjivanja klasične kvantnom fizikom, donekle usporediva jedino s napuštanjem aristotelovske fizike i prelaskom na fiziku Newtona i Galilea, u potpunosti je promijenila krajolik znanosti. S tom promjenom su nastali i do sada neriješeni prijevori o značenju i dosegu kvantne fizike iz perspektive spoznaje prirode, njezinom odnosu prema klasičnoj fizici, te njezinim posljedicama na shvaćanje temeljnih pojmova i principa koje koristimo prilikom pokušaja opisivanja materijalnog svijeta. Pri tome potreba za jasnom interpretacijom matematičke strukture i formalizma na kojemu je izgrađena kvantna fizika uvelike premašuje intenzitet koji je odgovarao potrebi za interpretacijom klasične mehanike. To je u prvom redu prouzrokovano time što je kvantna fizika izgrađena na temeljima koji predstavljaju visoku razinu matematičke apstrakcije, te što su njezini principi često suprotstavljeni onome što se često naziva „zdravi ljudski razum“ i „prirodna intuicija“. Iz tog razloga se pitanje odnosa između kvantne fizike, kao teorije koja počiva na formalnom matematičkom aparatu, te Prirode koja se njome nastoji opisati, nameće u otvorenijem i snažnijem vidu nego što je bio slučaj kod klasične fizike (kod koje je veća bliskost njezinih metoda i rezultata iskustvu svijesti vođenom principima razuma, barem se tako činilo, uspravljivala kritičku refleksiju o značenju njezinih temelja). Težnja za interpretacijom nipošto se ne bi smjela zapostavljati ili smatrati manje važnom – znati kako s nekom teorijom matematički raditi, a ne htjeti znati što ona u osnovi jeste, zapravo znači biti samo tehničar, no ne i znanstvenik. Fizičar koji se zadovoljava samo rješavanjem diferencijalnih jednadžbi i konstruiranjem matematičkih modela, a ne razmatra pretpostavke modela i jednadžbi, njihovu interpretaciju, kao i njihove implikacije na naše spoznavanje svijeta, teško se može nazivati istraživačem prirode, ma koliko da suvremena fizika nažalost teži ići upravo u tom

smjeru. Štoviše, odnos između interpretacije i čisto matematičkog aspekta fizikalne teorije nije nipošto zanemariv, te između njih postoji složena povezanost u vidu dubokog međusobnog prožimanja i utjecaja, uslijed koje je nemoguće potpuno razumijevanje jednog bez razumijevanja drugog. Čini se da upravo takav razvoj stvari otvara perspektive i ukazuje na nužnost buduće sinteze fizike i filozofije, što je zadatak koji je otežan ne toliko potrebom za sve većom specijalizacijom – jer se specijalizacija i sinteza znanja trebaju komplementarno nadopunjavati, čineći dijelove jedinstvenog procesa – koliko komercijalizacijom znanosti i ograničavanjem slobode istraživanja diktatom logike neposredne „korisnosti“.

Zbog ranije spomenutih razloga uobičajeno je prilikom prikaza kvantne fizike inzistirati na momentima diskontinuiteta između nje i klasične fizike, te pri tome polaziti od njezine neusklađenosti sa „zdravim ljudskim razumom“ i njezine „nejasnoće“, suprotstavljajući joj pritom „jasnoću“, „intuitivnost“ i „logičnost“ klasične fizike. Kao i u mnogim sličnim pitanjima, problem se ovakvoga uobičajenog pristupa sastoji u posve nekritičkom korištenju pojmova, koji se upotrebljavaju bez jasne definicije, te zanemarujući historijski i logički slijed stupnjeva razvoja znanja. Umjesto da se preko jednog otvorenog pitanja ubrzano prelazi prizivanjem takvih nekritičkih kvalifikacija, u prvom je redu potrebno promisliti u čemu se točno sastoje temelji klasične fizike, a u čemu kvantne; što je zapravo “zdravi ljudski razum”, što su njegove pretpostavke i kako se formira u iskustvu svijesti (u vidu individualne psihologije ili promjena paradigmi u vidu historijskog slijeda) – i tek se nakon toga, nakon što su polazišni pojmovi kritički ispitani, pitanje može postaviti u svom ozbiljnom obliku. Nasuprot tome, uobičajeni prikaz zapravo zamagljuje suštinu samog problema, te odbija istinski promisliti temeljne pojmove klasične fizike, onemogućujući da se shvati njezin prijelaz u kvantnu fiziku. Zbog toga smatramo kako je nužno krenuti sasvim suprotnim putem. Nastojat ćemo ukazati na poteškoće i proturječnosti u temeljnim koncepcijama od kojih polazi klasična fizika, te naglasiti neke dodirne točke između kvantnog načina sagledavanja svijeta i neposrednog ljudskog odnosa prema stvarnosti. Pod „zdravim ljudskim razumom“ podrazumijevat ćemo onaj način mišljenja koji svoj formalni izraz dobiva u temeljnim principima aristotelovske logike – načelu identiteta ($a = a$) i načelu neproturječja (neka stvar ne može istovremeno biti i a i $\neg a$) za koje je sam Aristotel držao da je najpostojanije od svih načela, čiju je navodno samorazumljivost i univerzalnost poznati matematičar Poincare istaknuo svojom konstatacijom da postojati naprosto znači biti lišen proturječja¹, a drugi slavni matematičar, Hilbert, postavio kao nužni temelj svakog mišljenja – ističući kako je ideja o

¹“What does the word exist mean in mathematics? It means, I say, to be free from contradiction.” [1]

moćnosti kontradikcije u svijetu zapravo paradigma bezumnosti [2]. Ovdje će se nastojati pokazati da principi aristotelovske logike ne samo da nisu primjereni zadatku interpretacije kvantne fizike, već niti objašnjavanju geneze i međusobnih odnosa temelja klasične fizike prema kvantnoj, kao ni razmatranju odnosa kvantne fizike prema svijetu kojega nastojimo spoznati. Temeljna pouka razvoja fizike, odnosa između pojedinih znanstvenih paradigmi u toku tog razvoja znanja o svijetu, te onoga što se filozofskom kritikom suvremenih znanstvenih teorija može iščitati o obilježjima Prirode, sastoji se u potpunoj nemogućnosti shvaćanja ovih pitanja na osnovi formalno-logičkih struktura izgrađenih od pasivnih, u sebe zatvorenih i prividno neproturječnih pojmova; od redukcije čitave stvarnosti na niz takvih objekata koji se uspoređuju jedan u odnosu na drugoga u čisto strukturnoj, vanjskoj i kvantitativnoj vezi. Nasuprot tome, život Prirode, a time i ljudske svijesti koja kao njezin poseban dio postoji samo kroz odnos prema vanjskome svijetu, se uvijek potvrđuje kao totalitet, što se kao neraskidivo i dinamičko jedinstvo ostvaruje kroz manifestaciju raznolikih i proturječnih momenata – od kojih se svaki nalazi u nezadrživoj promjeni i opreci prema samom sebi i svim ostalim momentima, razrješavajući to proturječje kroz svoj vlastiti razvoj. Takvu perspektivu, koju nastojimo dokazati kroz ovaj rad, nazivat ćemo dijalektičkim gledištem. Na tom tragu, formalistu Poincareu se mora odgovoriti kako postojati znači naprosto biti pun proturječja, jer izostanak proturječja znači prestanak svake promjene, a time upravo nepostojanje – iz tog razloga su već i pojmovi matematike u sebi proturječni, a jedino nedostatak spekulacije o njima onemogućava da se te proturječnosti pojme. Međutim, dok su se proturječnosti skrivale u dubinama matematički modeliranih pojmova klasične fizike kao što su prostor, brzina, sila itd. one su se mogle naprosto ignorirati, te se klasična fizika mogla proglasiti “intuitivnom” i “razumljivom”, no kako je potreba samog razvoja tih istih pojmova dovela do otvorenog pojavljivanja proturječnosti u rezultatima eksperimenata te samom formalizmu i sadržaju nove kvantne teorije – kao primjerice dualnost val/čestica, statistička distribucija elemenata materije i izostanak determinizma, kvantna sprega itd. – pitanje interpretacije kvantne fizike se naprosto nameće kao nužno čak i onima koji nisu skloni filozofskom promišljanju. Međutim, pitanje interpretacije se ne može započeti rješavati sve dok se ne pristupi filozofskom i kritičkom promišljanju temelja klasične fizike i revolucije koja se u njezinom okviru dogodila rađajući kvantnu fiziku i opću teoriju relativnosti. Zbog toga što je većina pokušaja interpretacije kvantne fizike ignorirala ovu potrebu – o pojmovima klasične fizike imajući u najboljem slučaju tek za napomenuti da su “jasni” i “poznati iz iskustva” – ti pokušaji u pravilu ni nisu mogli dovesti do dub-

ljeg razumijevanja značenja kvantne fizike.

2 Odnos ljudskog neposrednog iskustva, klasičnih fizikalnih pojmova i pojmova kvantne fizike

Prema Nielsu Bohru [3] naše predznanstveno iskustvo formira pojmove koji postaju dio našega svakodnevnog jezika, kao što su položaj, promjena položaja, vrijeme, brzina, kauzalni odnos itd. Ti pojmovi postaju preduvjeti objektivnog znanja svijeta, te neizostavan dio svakog opisa Prirode. Temeljni koncepti klasične fizike su, nastavlja Bohr, naprosto točne specifikacije navedenih pojmova, te oni, no ne i sama klasična fizika, predstavljaju nužne uvjete svakog opisa fizikalne stvarnosti. Stoga kvantna fizika ne dovodi do njihovog odbacivanja, već do revidiranja načina njihove upotrebe – prvenstveno u smislu nemogućnosti njihovog korištenja u isto vrijeme (tu Bohr implicira tzv. princip komplementarnosti u kojima klasično nevezani pojmovi – kao npr. položaj i brzina ili val i čestica – u kvantnoj fizici postaju komplementarni, kao što ćemo diskutirati kasnije). Ovakvom bi se shvaćanju stvari moglo mnogo toga prigovoriti: ono čvrsto razdvaja „znanstveno“ od „predznanstvenog“ iskustva, propuštajući pritom odrediti njihove oštre granice – što nije posljedica slučajnosti, već neizvedivosti istog. Također, ti predznanstveni pojmovi se više ili manje shvaćaju kao nepromjenjive, nedjeljive, izolirane i samodovoljne cjeline – gotovo kao neki komadi pojmova koji se mogu nabacati u vreću bilo “predznanstvenog” ili “znanstvenog iskustva” – pri čemu se zanemaruje njihova međusobna veza i uvjetovanost, a propušta se uzeti u obzir njihova neprestana promjena i razvoj koji se pojavljuje i u okviru onoga što bi Bohr nazvao znanstvenim iskustvom. Ne možemo reći da znanstveno iskustvo naprosto preuzima gotove predznanstvene pojmove i da oni nakon toga ostaju jednaki samima sebi – zasigurno dolazi ne samo do promjene unutar istog pojma, već i do prelaska jednog pojma u drugi pojam. U kojem smislu onda možemo konstatirati da naši polazišni pojmovi, oni koje Bohr naziva predznanstvenima, ostaju nepromijenjivi temelj našeg spoznavanja prirode? Teško bi se mogli složiti i s time da kvantna fizika dovodi naprosto do revidiranja upotrebe klasičnih koncepata – ona u određenom broju slučajeva dovodi i do njihovog ukidanja. Za bolju ilustraciju rečenoga upotrijebit ćemo jedan primjer kojemu ćemo se kasnije iz drugoga ugla vratiti поближе. Klasična fizika počiva na pretpostavci kontinuiranosti fizikalnih procesa – za svaki proces može se, s po volji velikom točnošću, u načelu predvidjeti njegova vremenska evolucija, te se svaki proces može podijeliti na proizvoljno velik broj sukcesivnih sastavnih dijelova. Međutim, kvantna fizika dovodi

do opovrgavanja ovoga principa – izmjena kvanta između sistema predstavlja nedjeljivi, diskontinuirani proces. Klasični princip kontinuiranosti procesa usko je povezan s klasičnim konceptom brzine kao vremenske derivacije prijednog puta: teorem iz matematičke analize neumoljivo zahtijeva da diferencijabilna funkcija (da bi imali matematički definirani pojam brzine, funkcija trajektorije mora biti diferencijabilna) bude neprekinuta. Međutim, strogo gledano, u kvantnoj fizici koncept neprekidne trajektorije gubi svoj smisao, čime se zahtijeva novo poimanje mjere gibanja u odnosu na ono definirano na klasičan način. Klasična brzina, definirana kao derivacija puta po vremenu, te kvantni pojam količine gibanja, definiran kao operator povezan s derivacijom po prostornim koordinatama – zapravo predstavljaju dva različita matematička pojma. Također, vrijedi naglasiti da ne postoji očit razlog zašto se – slijedeći Bohra – ne samo pojam brzine, već i princip kontinuiranosti fizikalnih procesa, ne bi probao podvesti pod klasične koncepte koji predstavljaju “točnu specifikaciju predznanstvenih pojmova”. Isto vrijedi i za princip o proizvoljnoj predvidljivosti ishoda svih procesa u Prirodi, odnosno determinizam. Pouka ovih problema bi se mogla sastojati u tome da se odnos između pojmova iskustva, te onih klasične i kvantne fizike nikako ne može pokušati objasniti u vidu jednostavne i jednostrane formule. Kao što ćemo analizom primjera pokušati diskutirati kasnije, pojmovi nisu jednom za svagda formirane gromade misli, već misaoni momenti koji se nalaze stalnoj promjeni, a uz to su i relativno-kontekstualni: u smislu da su određeni ne sami po sebi, već relacijama prema svim povezanim pojmovima, odnosno da su određeni čitavom strukturom mišljenja koja se nalazi u nekom aktivnom odnosu prema vanjskoj stvarnosti. Već i sam razvoj iskustva znači ništa drugo nego stalnu promjenu pojmova – ponekad u vidu njihove unutarnje promjene u kojoj se zbiva njihovo rafiniranje ili ogrubnjivanje, dok se u drugim slučajevima pak radi o promjeni njihove same suštine, u njihovom potpunom ukidanju i prelasku u drugi pojam. Razvijanje klasične fizike, jednako kao i njezino zamjenjivanje kvantnom paradigmom, umjesto da predstavlja mirnu evoluciju istih pojmova, označava upravo dominaciju ovakvih diskontinuiteta u njihovom razvoju. Upravo ovdje nastupa jedan od temeljnih i do sada neriješenih subjektivnih problema razvoja fizike i filozofije znanosti – točnije bi bilo reći problem većine fizičara i filozofa znanosti – što se novi rezultati i novi uvidi u logiku materije uporno nastoje iskazati preko starih neadekvatnih pojmova i starih načina mišljenja (koji se uzimaju za gotovo pod jednostavnim izgovorom da su “intuitivni”). S druge strane, u odnosima između klasične i kvantne fizike, kao i odnosu obje prema svakodnevnom iskustvu, ne radi se niti o jednostranom diskontinuitetu koji bi odsijecao pojmove obje paradigme jednih o

drugih – već o odnosu koji se može razumjeti jedino u vidu jedinstva kontinuiteta i diskontinuiteta.

Usprkos svim navedenim poteškoćama značaj navedenog Bohrovog stava proizlazi iz naglašavanja važnosti razumijevanja odnosa između našeg svakodnevnog iskustva i pojmova koji se putem njega formiraju, klasičnih koncepata, te načela kvantne fizike. Već i ova jednostavna činjenica, bez koje uopće nije moguće smisleno govoriti o značenju kvantne fizike, suviše se često ignorira – posebno u slijeđenju neopravdane prečice koncentriranja na čisti matematički formalizam i naivne nade da je iz njega moguće shvatiti samu suštinu fizikalnih pojmova. Iz razumijevanja navedenog odnosa trebalo bi biti moguće pobliže shvatiti značenje kvantne fizike prema našem neposrednom iskustvu, klasičnoj fizici, te Prirodi koju nastoji opisati. Zbog toga smatramo da put prema razmatranju odnosa klasične i kvantne fizike treba započeti upravo kritičkom analizom formiranja pojmova dobivenih čovjekovim neposrednim odnosom prema svijetu, te odatle izvedenih pretpostavki klasične fizike. Nakon toga, razmatranjem daljnje evolucije klasičnih pojmova i njihovih kontradikcija, čiji se pokušaj razrješenja nastojao postići uvođenjem novih kvantnih principa, pokušat ćemo se približiti potpunijem uvidu u odnos između temelja klasičnog i kvantnog.

3 Problemi ispitivanja temeljnih pojmova iskustva i fizike

Jedna od neobičnijih odlika kako dominantnog pristupa u fizici samoj, a tako i u filozofiji znanosti, je neumoljiva i tvrdoglava odlučnost da se o temeljnim pitanjima raspravlja koristeći bez refleksije one pojmove koji se pretpostavljaju kao zadani, koji se nekritički preuzimaju iz trenutne kolekcije empirijskih znanja uz koje su u interpretaciji trenutno dominantne paradigme vezani, te da se čitava diskusija vrši samo po takvoj umjetnoj i konzervativnoj definiranoj površini. Temeljna jalo-vost takvog pristupa sastoji se u tome što apstrahira od historije i razvojnog kretanja pojmova, što ih se ne promatra uslijed slijeda stupnjeva njihovog vlastitog formiranja i u kontekstu ljudskog iskustva, nego samo u formalnom vakuumu. Primjerice, pitanje koje se često postavlja je ono o značenju prostora i vremena. U dominantnom pristupu započet će se uglavnom kratkom konstatacijom kako su nam “ti pojmovi poznati iz iskustva” – čime će priča o analizi iskustva biti u pravilu okončana i prije svog početka, dok će se onda prijeći na pokušaje objašnjenja u okvirima potpuno izoliranog mišljenja – je li primjerice prostor samo iz-raz relacije objekata ili postoji po sebi, je li vrijeme realno ili samo privid itd. – uz navođenje neiscrpnog niza ograničenih argumenata za jednu ili drugu tezu i

konstruiranje novih varijanti odgovora na to pitanje u beskrajnom nizu varijacija (u npr. varijanti jakog, slabog, umjereno slabog realizma itd. itd.). Stihijska igra razuma će se zatim u pravilu nastaviti postavljanjem pitanja “što nam suvremene fizikalne teorije mogu reći o ovom pitanju?” te će se prionuti na selektivnu i parcijalnu interpretaciju raznovrsnih rezultata fizikalnih teorija i njihovo korištenje u ovoj ili onoj od varijantni beskrajnog broja konstruiranih odgovora na pitanje o npr. prirodi prostora i vremena. Pri tome se uglavnom olako prelazi preko problema da fizikalne teorije – čak i u slučaju da trenutno pokazuju relativnu empirijsku konzistentnost po nizu pitanja – mogu naprosto po svojim pretpostavkama i pojmovima biti suštinski neutemeljene ili neadekvatne. Štoviše, po svojoj strukturi fizikalne teorije su samo ograničeni matematički modeli koji u svojoj podlozi odražavaju skrivene metafizičke pretpostavke svojih utemeljitelja i vremena u kojemu su formirane – a ne nužno i direktni izraz nekakvog prirodnog zakona samog po sebi. U najboljem slučaju, moglo bi se samo reći da djelomično odražavaju izvjesne prirodne principe u mediju našeg trenutnog poimanja svijeta i naših trenutnih ograničenih pojmova.

U opreci spram takvog pristupa, metoda davanja odgovora na slična pitanja mora krenuti od temeljne činjenice da pojmovi kao što su npr. prostor i vrijeme postoje jedino kroz proces svog formiranja u svijesti, dakle kroz ljudsku historiju i individualnu psihologiju. To ne znači da oni ujedno i ne izražavaju aspekte realnosti koji postoje u Prirodi nezavisno od svijesti, već samo to da oni u svakom slučaju predstavljaju ograničene ljudski kreirane instrumente za spoznavanje te realnosti od strane čovjeka. Temeljno pitanje o odnosu između tih pojmova i realnosti nipošto nije jednostavno i ne može biti u potpunosti odgovoreno drugačije osim kroz sam proces razvoja ljudskog znanja koje će se izraziti i na budućnosti samih pojmova. Velika važnost Kantovog doprinosa filozofiji sastoji se u prvom redu u tome što je kod njega na ovome mjestu odlučno raskinuta dogmatska pretpostavka o doživljaju svijeta od strane subjekta kao nekoj vrsti pasivnog odraza vanjske stvarnosti, te je istaknuta uloga subjekta u formiranju opažajnog iskustva i postavljanja granica mogućnosti spoznaje uopće. Međutim, ta kritička strana ostala je vezana samo za uslovljenost i zadanost načina funkcioniranja spoznajnih organa, a ne i za punu aktivnu djelatnost subjekta, koji bi u vidu razvijajuće svijesti čiji tok uključuje međusobno sukobljene faze, stvarao percepciju svijeta koji se već sam po sebi nalazi u kretanju (dok se istovremeno razvijajuća svijest nalazi u kompleksnom odnosu prema vanjskoj zbilji koja se putem nje nastoji spoznati). Jedan od razloga za to je dan time što potpuni prijelaz od Kantovog baziranja kritike spoznajnih mogućnosti čovjeka na temelju zadanih svojstava spoznajnih or-

gana, pa do ostvarivanja spoznajne kritike utemeljene na postepenom formiranju kategorija djelatnošću samog subjekta u njegovom praktičnom odnosu prema Prirodi, zahtijeva dijalektiku kao mišljenje jedinstva i kretanja proturječnosti – čiji je početak zapravo i kraj dosega Kantove filozofije (jer antinomije se umjesto dijalektičkom sintezom rješavaju kod Kanta postuliranjem noumenalne razine stvarnosti).² Iz tog je razloga Kantova kritika ostala nužno ograničena.

U svakom slučaju, treba dakle na samome početku odbaciti – i dalje nažalost veoma ukorijenjenu pretpostavku – da su pojmovi konstruirani kroz predznansveno iskustvo, kao i pojmovi same znanosti, nužno u nekom direktnom i jednostavnom odnosu prema životu Prirode, da je štoviše “opisuju” ili “odražavaju”. Moglo bi se prije reći sasvim suprotno: kako oni predstavljaju pokušaj da se ono kompleksnije i bogatije – Priroda – izrazi putem neadekvatnih i još uvijek veoma primitivnih pojmovnih konstrukcija, koje nisu u stanju da je obuhvate u njezinoj bitnosti. Jedino odbacujući opravdanost arogantne pretpostavke o adekvatnosti trenutnih pojmova empirijskih znanosti za opis Prirode, metoda istraživanja može biti kritička i otvorena po svojoj naravi. Kada je usvojena takva polazišna osnova o saznavanju karaktera pojmova u odnosu na proces njihovog formiranja u svijesti, onda se pitanje postavlja od one točke kada pojmovi još nisu niti uspostavljeni, te se slijedi proces njihovog oblikovanja – uzimajući u obzir sve njegove aspekte te raznolike i proturječne strane, nastojeći dokučiti temeljne principe njihovog razvoja. Pri tome se za potpunu obradu ove zadaće filozofska analiza mora nužno služiti i rezultatima psihologije, pedagogije, antropologije itd. Konkretno, na primjeru spomenutog pitanja prostora i vremena, umjesto sučeljavanja beskrajnog niza ograničenih alternativa o naravi prostora i vremena u areni formalističkog vakuuma – što ne vodi nigdje, potrebno je promotriti kako se u fenomenologiji svijesti na osnovu samoga iskustva ti pojmovi postepeno uobličuju u različitim razvojnim stupnjevima i kako se ti stupnjevi odnose jedni prema drugima – bez ikakvog formalnog pretpostavljanja i ograničavanja materijala i opisa procesa. Razumijevanje odlika tog procesa oblikovanja pojmova kroz iskustvo svijesti

² „Da sve naše saznanje počinje sa iskustvom, u to se ne može sumnjati; jer šta bi inače moglo da pobudi moć saznanja na upražnjavanje svoje funkcije, ako to ne bi činili predmeti koji draže naša čula, te djelimice sami sobom proizvode predstave, djelimice pak pokreću funkciju našega razuma da ove predstave upoređuje, da ih spaja ili razdvaja, te da tako sirovi materijal čulnih utisaka preradi u takvo saznanje predmeta koje se zove iskustvo? Dakle, u pogledu vremena nijedno saznanje u nama ne prethodi iskustvu, i sa iskustvom počinje svako saznanje. Ali, premda cjelokupno naše saznanje počinje sa iskustvom, ipak zbog toga ne proističe sve saznanje iz iskustva. Jer moguće je da se, štaviše, naše iskustveno saznanje sastoji iz onoga što mi primamo preko utisaka i iz onoga što naša sopstvena moć saznanja (pobuđena samo čulnim utiscima) dodaje iz same sebe, a koji dodatak mi ne možemo razlikovati od one osnovne sadržine prije nego što smo dugim vježbanjem obratili na nju pažnju i osposobili se za njegovo izdvajanje. Dakle, postoji bar jedno pitanje koje je potrebno još bliže proučiti i koje se ne smije odmah prema prvom izgledu odgurnuti kao svršeno, naime: da li postoji takvo saznanje koje je nezavisno od iskustva, pa čak i od svih čulnih utisaka? Takva saznanja zovu se saznanja a priori i razlikuju se od empiričkih saznanja koja imaju svoje izvore a posteriori, to jest u iskustvu.“ [4]

mora biti potpomognuto istraživanjima o pojmovima prostora i vremena kod ple-
menskog društva i ranijih civilizacijskih stupnjeva, zatim kroz uvide o formiranje
percepcije djece, te kroz ostale povezane primjere. Jedino se na taj način može
razumjeti kakvo je značenje tih pojmova u "predznanstvenom iskustvu", a jedino
se nakon toga može postaviti pitanje o njihovom odnosu prema pojmovima fizike
– pri čemu metoda i dalje nužno mora biti usmjerena upravo na tok kroz koji se
sami pojmovi mijenjaju. Značenje pojmova u opisu Prirode može biti shvaćeno
samo ako se kao prvi korak sami pojmovi promotre kritički unutar svojeg procesa
nastanka i svojih ograničenja. Odgovarajuća i potpuna primjena takve dijalektičke
i razvojne metode u potpunosti prelazi mogućnosti i opseg ovoga rada, te ćemo se
na ovom mjestu ograničiti samo na glavne crte i osnovne momente takvog pris-
tupa u kontekstu razumijevanja odnosa između klasične i kvantne fizike.

Velika je zasluga Hegela što je, naročito u svojoj Fenomenologiji duha, razra-
đeno prikazao takvu metodu koja polazi od opažanja same fenomenologije svijesti
i onoga što se u njoj zatiče kao neposredno, te prikazuje kako se pojmovi razvijaju
kroz svoje vlastite kontradikcije. Nažalost, takav pristup problematici ostao je –
naročito u dominantno pozitivistički orijentiranoj filozofiji znanosti – uglavnom
ignoriran, te ma koliko da su se pojedini filozofski pravci gordo prozivali kritič-
kima (kao npr. Popperov redukcionistički "kritički racionalizam"), oni su osta-
jali dogmatični u odnosu prema samim temeljnim pojmovima koje koriste, kao
i prema tradicionalnoj logici koja im je služila kao metoda. Historijski gledano,
teškoća analize samih temeljnih pojmova, koja zahtijeva mogućnost da se protu-
rječnosti ujedine i promotre u svome jedinstvu u mišljenju, a ne odvajaju jedne od
drugih, da se štoviše promotre u svome toku, a ne kao fiksne – vidljiva je i u činje-
nici što je otac moderne kritičke filozofije, Kant, upravo kod njih ostao kod stava
da su oni dani u umu a priori (kao što je slučaj kod pojma prostora), što je zapravo
stav koji označava kapitulaciju u pogledu njihovog ispitivanja, problema njihovog
formiranja, kao i njihove prave kritike. S druge strane, veoma važan i relevantan
aspekt Kantove misli, posebno u metodološkom smislu, sastoji se u inzistiranju
na nezavisnom statusu empirijskog materijala u spoznajnom procesu. Zanema-
rujući dalekosežnu kritiku koju je iz ove perspektive stari Kant uputio predstavi-
nicima klasičnog njemačkog idealizma - o nemogućnosti razvijanja filozofije na
temelju nastojanja za apsorpiranjem svega empirijskog u pojmu duha, čime se
razum samo zavarava u praznim obrascima koje si je sam stvorio, brkajući ih s
realnom spoznajom svijeta - Hegelova filozofija, usprkos svojoj dubini, pokazuje
stalna nastojanja da ono empirijsko na silu uklopi i razgradi u ranije postavlje-
nim misaonim obrascima – čime ispitivanje gubi svoj otvoreni i kritički karakter.

Međutim, ne bi se smjelo ispustiti iz vida da je ovaj nedostatak zapravo nastao iz potpuno opravdane, štoviše nužne, potrebe da se prevlada razdvojenost empirije i svijesti (što bi mogli iskazati općenitije i kao razdvojenost onog prirodnog i onog psihičkog) te omogućiti njihova prava sinteza. Nedostatnost dosadašnjih pokušaja u ostvarivanju ovog cilja nikako ne može služiti kao argument za njegovu nemoćnost; štoviše, polazeći od shvaćanja Prirode ili Kozmosa kao totaliteta postojećega koji se razvija kroz svoje samo-odnošenje i Čovjeka kao njegovog posebnog dijela, kroz čiji se razvoj ona manifestira i samo-spoznaje - njegovom vlastitom praktičnom djelatnošću, dosezanje tog jedinstva pokazuje se kao cilj ispitivanja kojemu se postepeno i kritički teži, a ne kao apriorna pretpostavka koja se ostvaruje pod neprihvatljivu cijenu ukidanja relativne autonomije bilo onog psihičkog ili prirodnog, misaonog ili empirijskog, teorijskog ili eksperimentalnog.

4 Formiranje logičkih i metafizičkih pretpostavki fizike

Nasuprot najneposrednijem odnosu ljudske svijesti prema stvarnosti u kojoj se realitet poima kao jednostavno jedinstvo čiji dijelovi još nisu izdiferencirani (npr. svijest djece u ranim fazama razvoja ili plemena na niskom stupnju civilizacijskog razvitka), metoda klasične fizike se zasniva na pretpostavci da se iz cjeline opaženog svijeta raznoliki momenti mogu izdvojiti i promatrati zasebno, apstrahirati od toka zbilje, fiksirati, te tada konačno izvana postaviti u određene međusobne odnose.³ Tada se pretpostavlja da se ti međusobni odnosi mogu izraziti jezikom matematike, strukturom koja počiva na određenom broju aksioma nad čijim se temeljem provodi formalno – logičko kretanje apstraktnih izoliranih odredbi. Tako se npr. na jednu stranu stavlja pojam prostora, a na drugu pojam vremena; na jednu predmet, a na drugu kretanje predmeta; na jednu stranu jedan određeni predmet sa svojim vlastitim svojstvima, na drugu svi ostali predmeti itd. Svaki se od ovih momenata smatra zasebnim, nezavisnim i razdvojenim od drugih momenata: predmet postoji i ima jednaka svojstva nezavisno od toga postoje li ili ne

³Ovakav tip dijalektičke perspektive, koja ljudsku percepciju promatra kao dinamičnu te kao proces koji započinje iz jedinstvenog neizdiferenciranog stanja svijesti obilježenog neposrednim tokom čulnog materijala – a koju zauzimamo u našoj kritici temelja fizike – u skladu je sa brojnim rezultatima razvojne psihologije, od kojih su vjerojatno najznačajniji i najpoznatiji teorijski i eksperimentalni doprinosi J. Piageta. Tako se prema Piagetu prostor koji percipira novorođenče od njega ne shvaća kao objektivna, nije ispunjen predmetima konstantne veličine i oblika i nije trodimenzionalan. Između ostaloga, novorođenče ne može odrediti izvor promjene objekta te utvrditi je li promjena nastupila zbog promjene položaja objekta, gibanja njegovog vlastitog tijela ili pak promjene na samom objektu. Nadalje, prema Piagetu, novorođenče nije u stanju razlikovati promjenu percepcije objekta od promjene samog objekta [5],[6]. Sve navedene hipoteze u potpunosti potvrđuju spomenutu karakterizaciju ranog perioda razvoja svijesti kao određenog izostankom pojmovne i perceptivne diferencijacije kao dominantnog principa.

postoje ostali predmeti; vrijeme protječe nezavisno od predmeta, prostora ili događaja; predmet postoji nezavisno od promjene kroz koju prolazi i od toga postoji li uopće ikakva promjena ili ne, na prostor ne utječu predmeti, promjene, ili tok vremena itd. Posljedično rečenome, svijet možemo podijeliti na proizvoljan broj dijelova, te proučavajući svaki od tih dijelova možemo zanemariti djelovanje ostalih. Prešutno se pretpostavlja da prikazani proces može dovesti do potpunog opisa i spoznaje Prirode, što se gledano s kritičke distance čini kao veoma neopravdana pretpostavka.

Proces pripreme navedene logičke, epistemološke i metafizičke podloge klasične fizike nije nešto što se dogodilo u jednom potezu, pa niti u toku jedne epohe, već obuhvaća takve različite vremenske skale kao što su ona svakog individualnog psihičkog iskustva, pa do historije razvoja čovječanstva sve do perioda prosvjetiteljstva – pri čemu su socio-ekonomske, te zavisne religijske i ideološke tendencije pojedinih društvenih formacija vršile snažan utjecaj na dinamiku njezinog razvoja. S druge strane, navedena podloga klasične fizike je nešto što – u vidu još uvijek dominantnih shvaćanja problema filozofije prirode – nastavlja aktivno živjeti i nakon silaska klasične fizike s trona. Razvoj fizike, koji je započeo upravo na navedenoj podlozi, ukazao je na nužnost njezinog ukidanja – opća teorija relativnosti primjerice zahtijeva da se odbaci ideja o razdvojenosti prostora i vremena, kao i njihove nezavisnosti od dinamike tijela, kvantna fizika zahtijeva da se odbaci koncepcija lokaliziranog tijela i inzistira na tome da je dinamičko stanje materije neodvojivo od njezine egzistencije. Međutim, čitava prikazana podloga utemeljena na diferenciranoj percepciji stvarnosti nastoji se u svojoj temeljnoj logici i metafizičkim pretpostavkama zadržati – uz parcijalnu izmjenu onih specifičnih komponenti koje su postale očigledno nepomirljive u odnosu na cilj opisa Prirode (npr. klasični determinizam ili apsolutni prostor i apsolutno vrijeme). Rezultat takvog odnošenja prema aktualnoj slici svijeta je otvorena nedosljednost, te se stoga ona sastoji od različitih nespojivih dijelova nasumce nabacanih na hrpu. To se izražava u vidu izjava o neočekivanom karakteru moderne fizike, o posljedicama kvantne fizike i opće teorije relativnosti koje “nisu intuitivne”, ili koje su pak “sasvim drugačije u odnosu na naše iskustvo”, o tome kako mikroskopski i makroskopski sustavi imaju sasvim drugačiju logiku itd. Radi se samo o tome da metafizička i logička podloga opisa svijeta – koja je u suštini i dalje ona klasične fizike – nije spojiva s razumijevanjem značenja teorija moderne fizike, te da zapravo ne postoji nešto neobično u suvremenim rezultatima fizike po sebi – oni su, umjesto da budu neočekivani, zapravo nužni iz perspektive samo-negirajućeg karaktera razvoja znanja, kao što ćemo diskutirati kasnije.

Početak formiranja metafizičko-logičkih temelja fizike dan je razvojem jezika i kompleksnijih oblika mišljenja, te uvođenjem razlikovanja svjesnih i izvanjskih sadržaja – u tom pogledu je on zapravo prvo razvojno iskustvo svake svijesti. Svijest se – u odnosu prema materijalnom svijetu, koji se kroz razvoj subjekta od nje postepeno počinje razlikovati – prvobitno pojavljuje samo kao jedinstveni tok bivajanja; u njemu još ne postoje razlike između subjekta i objekta, pojma i predmeta kojega označuje, prošlosti i budućnosti, smjerova u prostoru i ostalih kategorija koje se razvijaju tek kasnije. Postepeno se, u nizu međusobno oprečnih faza, iz jedinstvenog toka svijesti uobličuju pojmovi koji se pokušavaju pridijeliti razdvojenim fazama toka promjene u izvanjskoj zbilji. Daljnji razvoj na ovoj osnovi označen je postepenim zatvaranjem pojmova u sebe, te njihovim razdvajanjem jednih od drugih – naročito pojmova koji su oprečni, te isticanjem njihovog pasivnog i statičnog karaktera. Takvu funkciju svijesti koja se zasniva na razdvojenim i fiksiranim pojmovima nazivat ćemo razumom, a njezino formiranje kroz praktično iskustvo svijesti u njezinom odnošenju prema izvanjskoj realnosti označavat ćemo kao razumsku diferencijaciju zbilje. Nasuprot tome, u svojoj suštini – čak i onda kada to nije izraženo otvoreno na samim pojmovima – njihova egzistencija je moguća samo kroz njihove međusobno oprečne i uslovljavajuće odnose, samo kao moment u kretanju psihe koja se neprestano kao jedinstvo nalazi u njihovoj podlozi – stoga se po prirodi samih pojmova i prirodi svijesti taj proces razumske diferencijacije iskustva nikada ne može provesti u potpunosti. Nasuprot razumskom mišljenju, takvo mišljenje koje se zasniva na ukidanju odredbi razuma i ostvarivanju jedinstva proturječnosti nazivat ćemo, slijedeći Hegela, umskim. U svojoj suštini pojmovi uvijek ostaju u stalnom kretanju i samo-opovrgavanju, uvijek postoje kroz među-odnošenje, kao jedinstvo identiteta i razlike te kao općenitost – samo djelomična obrada njihove površine u pravcu razumskog oblikovanja nastoji da se pokaže kao od toga drugačija, no nju neprestano opovrgava ono što se nalazi u suštini pojma. Sve navedeno dobiva svoj puni izraz u formiranju jezika i njegovoj gramatičkoj strukturi, koja počiva na nizu dihotomija kao što su one između subjekta i objekta, imenica i predikata, riječi i rečenice itd. Jezik se prvo doima kao takav izvanjski odnos dihotomiziranih elemenata, no pri pažljivijoj refleksiji o njegovom značenju uočava se da se sve takve strane, prvotno pojmljene kao razdvojene, u svojoj suštini slijevaju u jedinstvo i zajedničku dinamičku strukturu kroz koju se tek može pojmiti značenje pojedinog momenta: pojedinačno se iskazuje kao opće (npr. „ova sova je ptica“), subjekt se ostvaruje samo kroz predikat i objekt, negacija pojma se pretvara u odredbu novog pojma i time u njegovu afirmaciju (npr. „nisam mrtav“), konačno – smisao se ostvaruje tek kroz cjelinu,

prelazeći okvire rečenice, odlomka i pojedinog teksta, te se odražavajući tek u jeziku kao totalitetu. Takav jezik zatim postaje osnovni instrument odnosa između Prirode i čovjeka s jedne strane, te pojedinca i društva s druge strane.

Ovom naknadnom diferencijacijom zbilje – koja se prvo i neposredno pokazuje kao jednostavno jedinstvo – ostvaruje se nužna pretpostavka za početak spoznavanja svijeta: jer jedino je na taj način moguće razviti poimanje mnogovrsnosti postojećega, dok je ujedno i prvi korak u kontroliranom odnošenju samosvjesnog mišljenja prema vanjskom svijetu upravo stalna usporedba pojmova i opaženih fenomena.⁴ Ta usporedba i traženje podudaranja (odnosno pretpostavljene jednakosti) između pojmova i momenata zbilje (koji se počinju shvaćati kao objekti) je na prvom i početnom stupnju razvoja moguća samo ako se pojmovi i fenomeni učine u značajnoj mjeri fiksnima i relativno dobro definiranima u svojoj posebitosti, uz nastojanje da iz sebe isključe sve ostale. Kontradikcija ovog razvoja sastoji se u tome da je diferencirano shvaćanje zbilje – koje je pretpostavka daljnjeg razvoja spoznaje – u potpunoj i nepomirljivoj opreci s temeljnim i uvijek iznova potvrđenim obilježjem stvarnosti kao jedinstva koje se nalazi u neprekidnom kretanju i u sebi obuhvaća sve oprečne strane. Zbog toga je ovaj napredak u spoznaji Prirode – koji dovodi do sve boljih mogućnosti njezinog opisa, zahvaćanja sve većeg bogatstva njezinih slojeva, te otvaranja mogućnosti simboličkog modeliranja njezinih tendencija – ujedno i relativno nazadovanje jer predstavlja udaljavanje od prvobitnog jedinstva (koje međutim prije početka diferencijacije iskustva nije shvaćeno u svojoj suštini, nego jedino u prvotnoj konfuziji, upravo u izostanku svakog znanja), no na način da je to relativno nazadovanje zapravo nužni uvjet njegovom približavanju u obogaćenom smislu u budućnosti. Upravo iz tog razloga, napredak znanja koji se sastoji u prikazanom procesu razumske diferencijacije, nužno dovodi do spoznaje o svojim vlastitim ograničenjima, o proturječnostima u svojim pretpostavkama koje moraju biti prevladane, drugim riječima – do svoje vlastite kritike. Upravo se u navedenome može tražiti opći razlog i pokretač promjena paradigmi u znanosti, te pokušati razumjeti glavne tendencije promjena shvaćanja Prirode od pred-aristotelovskog, Aristotelovog, klasičnog, pa do kvantnog i relativističkog perioda fizike.

O historijskoj dugotrajnosti procesa diferenciranja stvarnosti – koji uključuje

⁴Ta je tendencija diferenciranog oblikovanja zbilje, odnosno "analize", u svrhu njezinog razumijevanja veoma jasno prikazana kod Aristotela: "Now what is to us plain and clear at first is rather confused masses, the elements and principles of which become known to us later by analysis. Thus we must advance from universals to particulars; for it is a whole that is more knowable to sense-perception, and a universal is a kind of whole, comprehending many things within it, like parts. Much the same thing happens in the relation of the name to the formula. A name, e.g. 'circle', means vaguely a sort of whole: its definition analyses this into particulars. Similarly a child begins by calling all men father, and all women mother, but later on distinguishes each of them." [7]

formiranje zatvorenih pojmova te logike koja izražava njihove relacije – svjedoči činjenica da su se njegovi rezultati konačno uspostavili u vidu izgrađenog sustava tek u relativno kasnom periodu Aristotela u Zapadnoj filozofiji, te u toku razvoja škola nyaya i vaišešika u Indiji. Jedan od razloga za to je vjerojatno i pojavljivanje oprečnih tendencija svijesti, putem kojih se izražavala težnja da se raznovrsnost empirijskog i pojmovnog materijala ujedini i vrati u jedinstvo, što je u povijesnom razvoju mišljenja dobivalo izraza u animističkim i mističkim tendencijama, koje su već veoma rano uvidjele neadekvatnost formalno-logičkog mišljenja za razmatranje tog jedinstva, te su stoga svoje stavove izražavale kroz paradokse i simboličko-intuitivne veze među pojmovima. Odnos između logike, epistemologije i fizike-kozmologije kod Aristotela i škola nyaya-vaišešika zapravo pokazuje iste crte koje označavaju specifičnost određene faze u razvoju mišljenja. U odnosu prema iskustvu separacija i fiksiranje momenata svijesti, te izražavanje odnosa između elemenata diferencirane percepcije, dobivaju svoj izraz u principima razumske logike koji se izražava kroz sustave Aristotelove logike i logike škole nyaya.

Na osnovi tih logičkih sustava, čije se pretpostavke u osnovi zadržavaju i u podlozi empirijskih znanosti danas, razvijaju se kako Aristotelova fizika, tako i – u indijskom kontekstu – epistemologija, te kozmologija škole vaišešika.⁵ Izražavajući tako prvenstveno princip razlike i samo-identiteta svakog pojma, opis procesa promjene u svijetu se sada uobličuje kroz razdvojene kategorije subjekta i objekta, supstancije i atributa, akcije i njezinog nosioca – gdje je svaki od navedenih pojmova postavljen za sebe, te je njihova veza samo vanjska i slučajna.⁶ Ona je izražena u formi suda u kojoj su ovi raznoliki elementi sakupljeni u cjelinu, koja međutim ne predstavlja njihovo ostvareno jedinstvo, nego samo njihovu izvanjsku relaciju – u kojoj se međusobno ne zadire u suštinu samih pojmova. Tako u sudu “zid je bijel”, zid je dan kao pojam po sebi, jednak sa sobom, te nezavisan od određenja njegove egzistencije izražene u “je”, koja opet ostvaruje odnos s atribu-

⁵“The Vaishesika system takes its name from vishesa or particularity. It insists that it is in the particulars of the world, pre-eminently in the particular imperceptible souls and atoms that the true individuality is to be found...The Vaishesika is essentially a philosophy of distinctions, since it does not tolerate any attempt at dissipating the independence of selves and objects in a supposed more perfect individuality...” [8] Takva epistemologija škole vaišešika se zasniva na logici nyaya, koja je u svojoj suštini identična pretpostavkama aristotelove logike. Klasifikacija realnosti po principu diferencijacije razumski konstruiranih kategorija u ovoj školi se izražava kroz šest kategorija: „The Vaishesika adopts a sixfold classification of padarthas into substance (dravya), quality (guna), activity (karma), generality (samanya), particularity (vishesa), and inherence (samavaya), to which a seventh non-existence (abhava) was added by the later Vaishesikas“. [8]

⁶To je u veoma jasnom obliku prikazano primjerice u Aristotelovom Organonu prilikom nabiranja kategorija: “Of things incomplex enunciated each signifies either Substance, or Quantity, or Quality, or Relation, or Where, or When, or Position, or Possession, or Action, or Passion...Now each of the above, considered by itself, is predicated neither affirmatively nor negatively, but from the connexion of these with each other, affirmation or negation arises. For every affirmation or negation appears to be either true or false, but of things enunciated without any connexion, none is either true or false...” [9].

tom bjeline koji pak stoji kao potpuno izvanjski i pasivan u odnosu na prvu i drugu komponentu suda. Temeljna odlika diferencijacije mišljenja, putem konstruiranja izoliranih pojmova na temelju pokušaja njihovog postavljanja u identitet sa sobom i razliku prema drugome, u sustavima takve logike proglašava se općim i temeljnim zakonima mišljenja: zakonom identiteta ($a=a$) i zakonom neproturječja (nešto ne može istovremeno biti i a i $ne-a$).⁷ Ti principi zasigurno jesu temeljni zakoni, ali samo unutar okvira pretpostavki razumske logike, dok ih život čovjekove svijesti i Prirode neprestano nadilazi u svom kretanju.⁸ Međutim, kada je ovakav okvir odnošenja prema zbilji zadan onda se pitanje istine nužno svodi na podudaranje između konstruiranih fiksnih pojmova na sličan način na koji se očekuje od ispravnog ključa da će se podudarati s bravom. Stoga se diferencirani pojmovi – kretanjem svijesti koja ih, po sebi ravnodušne, izvana dovodi do usporedbe – izražavaju kroz jednakost ili nejednakost, te istina postaje korespondencija između tzv. “svijesti i stvarnosti”.⁹ Kako elementi takvog mišljenja nemaju nikakvog kre-

⁷ „...the firmest belief is that opposite assertions are not true at the same time“ [10]

⁸ Nerazumijevanje navedenoga česti je uzrok pokušaja kritike usmjerene protiv dijalektičkog mišljenja, pri čemu se dijalektiku optužuje za proizvoljnost, iracionalnost i neodređenost, pri čemu se nadalje ističe da napuštanje ovih temeljnih „zakona logike“ onemogućuje dolaženje do zaključaka i mogućnost bilo kakve argumentacije (jer bi se tada svaka proturječnost u iskazima mogla dopustiti i stoga bi svaka tvrdnja postala jednako istinita odnosno neistinita). Takve kritike zapravo ukazuju na posljedice nedosljednog korištenja dijalektičkog pristupa na materijalu pojmova i odnosa koji odgovaraju razumskom mišljenju – dakle gdje se, po naravi samih pojmova i njihovih ograničenja, mora primijenjivati razumska logika. Primjerice, kada se formiraju diferencirane i statične predstave kao što su „čovjek je živ“ i „čovjek je mrtav“, koji su kao pojmovi shvaćeni kao međusobno isključujuće opreke, tada reći da je „čovjek istovremeno i živ i mrtav“ unutar tih okvira ne predstavlja dijalektičko jedinstvo proturječnosti, već samo formalno-logičku tj. nedijalektičku kontradikciju, koja označava besmislicu. Slično je i sa iskazima da je nešto istovremeno i crno i bijelo ili da se nešto istovremeno dogodilo i nije dogodilo. Dijalektičko jedinstvo proturječnosti se, nasuprot tome, sastoji u nadilaženju ograničenosti ovih predstava, ukidanju fiksnih i razdvojenih pojmova, npr. živoga i mrtvoga, te proučavanja kretanja stvarnosti koje omogućuje prijelaz u kojemu se ranije razdvojena stanja sada shvaćaju kao povezana u svojoj razlici – tako je svako življenje ujedno umiranje jer vodi k njemu kao svome cilju, te jer u svakome momentu podrazumijeva iščeznuće svojih mnogovrsnih dijelova, kao npr. raznih stanica ili disocijacije raznih molekula itd. Navedeno proturječje sada ima smisla jer se pojavljuje na adekvatnom materijalu, razmatrajući dinamičke relacije, a ne kao ranije na fiksnim razumskim pojmovima – gdje mora ostati besmisleno. Ako se pak diferencirani pojmovi shvate npr. kao zadani izvjesnim skupom bioloških funkcija koji bi zahtijevali razliku živoga i mrtvog, onda se dijalektičko jedinstvo suprotnosti koje predstavlja nadilaženje tih okvira ostvaruje u oblicima kao što su virusi, koji istovremeno sadržavaju u sebi mogućnost i jednih i drugih funkcija. Takva razlika između nedijalektičke i dijalektičke proturječnosti, čije razumijevanje u pravilu uvijek izmiče protivnicima dijalektike, je ono što je Ernst Bloch humoristično iskazao u tvrdnji da onaj koji neprestano u iskazima proturječi sam sebi nije dijalektičar već budala.

⁹ Kako je ono što se shvaća kao realnost, za koju se pretpostavlja da je dana opažanjem, i dalje nešto što se pojavljuje u svijesti i oblikuje se na ovom stupnju spoznavanja također u skladu s diferenciranom percepcijom i uobličanim nizom pasivnih i zatvorenih pojmova, to se naprosto radi o podudaranju različitih struktura same svijesti, a ništa se ne može opravdano govoriti o podudaranju svijesti i “stvarnosti”. Primjerice može se reći da je tvrdnja “Zemlja uzrokuje ubravanje tijela koja padaju” nešto što se može utvrditi kroz čisto opažanje i pokazati da se u ovom slučaju “svijest podudara sa stvarnošću”. Međutim, navedeno zahtijeva da se već imaju konstruirani pojmovi gibanja, prostora, vremena, brzine, puta, akceleracije itd. i da se onda oni međusobno povežu kroz određene logičke i aritmetičke relacije. Ti pojmovi se ne nalaze nigdje u samoj percepciji i nigdje na fenomenu koji se neposredno

tanja u sebi, pokušaj ostvarivanja takvih korespondencija, odnosno mišljenja na takvim pretpostavkama, moguć je samo kao također vanjsko sabiranje sudova u premise i zaključak koji ne dovodi do nikakve nove spoznaje u odnosu na premise već samo povezuje njihove parcijalne tvrdnje u jedinstvenu tvrdnju, te stoga ima izraženo tautološki karakter. Takvi odnosi predstavljaju jezgru silogizma, te ostalih oblika formalne (nedijalektičke) logike. Budući da su pojmovi po samoj konstrukciji takve logike međusobno izolirani, pokušaj iznalaženja njihove veze koja nije naprosto slučajna može se ostvariti samo razmatranjem njihovih relativnih preklapanja i razlike, dakle klasifikacijom na klase nadređenih pojmova i podređenih pojmova – čime se analiza stvarnosti zapravo svodi samo na administraciju pojmova. To je ujedno i prirodni početak razvoja empirijske znanosti – koja u pravilu počinje kao primjena principa formalne logike na neki raznovrsni empirijski materijal, koji se u izostanku razumijevanja njegove evolucije i odnosa između njegovih različitih momenata nastoji zahvatiti pasivnim nabranjem i vanjskom klasifikacijom. U svom daljnjem razvoju empirijska znanost teži da prevlada ovu razinu, te da se ostvari kao unutarnja i dinamička veza između različitih strana tog materijala, razumijevajući sada taj materijal kao logičko ostvarenje tih veza, a ne naprosto kao nasumičnost.

5 Utemeljivanje klasične fizike kroz odnos prema Aristotelovoj fizici

U pogledu značenja Aristotelove fizike uglavnom se ignorira intenzitet njezinog utjecaja na klasičnu i modernu fiziku, te izrazito visok stupanj njezine unutarnje konzistentnosti – posebno u pogledu odnosa njezinih metafizičkih temelja, logike i pretpostavljenih principa funkcioniranja Prirode. Ove dvije strane koje se uglavnom previđaju usko su povezane, te je navedeno ignoriranje prvenstveno posljedica nekritičnog stava prema naraciji o tome kako je Aristotelova fizika naprosto odbačena jer se pokazala neispravnom, te je zamijenjena fizikom Newtona i Galilea – što je simplificirana perspektiva koja onemogućuje da se istaknu važni momenti kontinuiteta koji povezuju obje paradigme, posebno u pogledu odnosa fizike prema njezinim pretpostavljenim filozofskim i logičkim temeljima. Štoviše, može se sigurno ustvrditi – ma koliko to paradoksalno moglo zvučati na prvi pogled – kako Aristotelova fizika u odnosu na klasičnu i suvremenu fiziku (pri čemu pod fizikom ovdje podrazumijevamo cjelinu opisa Prirodnog svijeta) predstavlja

promatra (u protivnom bi djeca već paralelno s usvajanjem jezika usvojila i znanje klasične kinematike). Zbog tog razloga se ovdje radi samo o usporedbi različitih struktura svijesti, u čijem okviru se interpretiraju opaženi fenomeni.

upravo najkonzistentniju paradigmu do sada. Najviša razina konzistentnosti pri tome naravno ne podrazumijeva i najvišu razinu ispravnosti ili adekvatnosti za precizno modeliranje Prirode, već samo najmanju razinu nekompatibilnih razlika između elemenata neke ukupne slike Prirode. Razlog za navedeno, kao što ćemo nastojati pokazati, treba tražiti u tome što je u razvoju fizike odbačen sloj svih onih pretpostavki Aristotelove fizike koji se nije mogao ujediniti s razvojem empirijskog materijala, no sama osnova i okvir Aristotelove fizike nikada nije bila u potpunosti kritički promišljena i prevladana – zbog čega se u velikoj mjeri, ma koliko to uglavnom nije bilo osviješteno, razvoj klasične i moderne fizike pokazuje kao umetanje novih, nekompatibilnih tendencija i principa, u stare aristotelovske temelje.

Visok stupanj unutarnje dosljednosti Aristotelove fizike proizlazi iz toga što je ona u velikoj mjeri zapravo samo direktna primjena Aristotelove logike na mnogovrsnost čulnog materijala povezanog s temeljnim odlikama materijalnog svijeta. U tom pogledu je ona jednako teorijska u smislu izvođenja svojih zaključaka iz principa prikazanih u prethodnom odjeljku, kao i zasnovana na iskustvu dobivenim jednostavnim promatranjem – te se logika ovih dvaju njezinih komponenata u velikoj mjeri dosljedno prožima. Nakon što je stvarnost reducirana na temeljne kategorije supstancije, kvaliteta, kvantiteta, prostora itd. – kako smo govorili u prethodnom odjeljku, sada se fizika nastoji izgraditi preko prikaza kretanja – koje predstavlja modifikacije na nekoj od tih deset kategorija, u smislu prelaska iz potencijalnog u aktualno. Kao što je logika i epistemologija Aristotela utemeljena na principu identiteta sa sobom i razlike prema drugom, tako se fizika utemeljuje na realizaciji tog principa u odnosu na kategorije prostora, vremena i kvaliteta – svako tijelo naprosto nastoji po sebi ostati u danom stanju određenom tim kategorijama. Time je prirodno stanje svakog tijela nužno mirovanje – jer ono je upravo ostvarenje samo-identiteta u svakoj kategoriji kojom se opisuje tijelo.¹⁰ Kretanje stoga ne nastaje spontano iz prirode samog tijela, ne nastaje iz njegove vlastite dinamike, jer priroda tijela teži samo potpunom samo-identitetu odnosno mirovanju, već nastaje jedino na temelju razlike u odnosu na nešto drugo, dakle u odnosu na neko drugo tijelo. Samo prisutnost i utjecaj drugog tijela razlogom je što tijelo ne miruje – i za taj stav, koji je dosljedna realizacija principa Aristotelove logike, izgleda kao da se u potpunosti podudara s općim iskustvom, jer doima se kao da se tijela gibaju samo kada se npr. guraju ili privlače – kao kod magneti, dok se

¹⁰ *“As for movement, it would be strange if we failed to notice the downward motion of a stone; nor do we fail to notice that it is at rest on the earth. Besides, the earth and everything else is bound to be at rest when it is in its proper place, and to move away from its proper place only when forced to do so...everything that changes is changed by something.”* [7]

inače nalaze u stanju mirovanja. Na taj način ostvaruje se jedna formalna fizika, izvanjska u odnosu na svoju vlastitu materiju, kod koje se – na isti način na koji se u silogizmu pasivni pojmovi povezuju vanjskom radnjom svijesti, koja ih zativorene u sebe uspoređuje, po svojoj prirodi statični objekti stavljaju u promjenu gonjeni nekim od sebe različitim uzrokom.

Aristotelova se dubina iskazuje u tome što, dosljedno razvijajući fiziku kao opću nauku o Prirodi, polazeći pritom od metafizike i logike utemeljene na principu samo-identiteta i razlike prema drugome, ne zapada u potpuni fetišizam vlastitog formalizma, već priznaje upravo promjenu kao temeljnu odliku svijeta.¹¹ Ta promjena, u Aristotelovom razumijevanju, svakako nije izazvana intrinzičnim svojstvima materije, već je rezultat vanjskog utjecaja na samo tijelo, ali već i kao takva predstavlja vid promišljanja drugačiji od formalnih temelja Aristotelovog pristupa – te se i takvo promišljanje pokazuje kao znatno superiornije u odnosu na neke tendencije u suvremenoj fizici koje Prirodu nastoje shvatiti ne preko promjene, već preko elemenata umjetno konstruiranog matematičkog formalizma i njegovih simetrija. Jednako tako, premda smo vidjeli da je osnova čitavog Aristotelovog programa dana u razvijanju principa diferenciranog razumijevanja stvarnosti, on je sam spreman priznati realne teškoće u njezinoj primjeni, primjerice kod pojmova prostora, vremena i promjene.¹²

Upravo u teškoćama vezanim za prikaz Prirode putem razumskog procesa razdvajanja njezinih momenata treba tražiti razlog za to što je Aristotelova fizika u potpunosti zasnovana samo na logici, bez upotrebe matematičkih struktura – odnosno, razlog zbog kojega je Aristotelova fizika u osnovi kvalitativna. Logičke relacije, ma koliko god izražavale samo vanjski odnos pojmova i dalje imaju za svoj predmet pojam, koji nikada ne može biti postavljen kao u potpunosti apstrahiran od kretanja i relacija koje su mu svojstvene. Nasuprot tome, matematičke relacije se ne temelje na razvoju pojma, nego na principu kvantiteta, koji je upravo po svojoj odredbi apstrakcija od svega kvalitativnog, dinamičnog i kontekstualnog. Izgleda da je Aristotel, koji je upravo na toj liniji uputio kritiku Platonovim apstraktnim formama – kako nisu u stanju da izraze promjenu i nastajanje novih

¹¹"Nature is a principle of motion and change, and it is the subject of our inquiry. We must therefore see that we understand what motion is; for if it were unknown, nature too would be unknown." [7]

¹²"But neither does time exist without change; for when the state of our minds does not change at all, or we have not noticed its changing, we do not think that time has elapsed, any more than those who are fabled to sleep among the heroes in Sardinia do when they are awakened; for they connect the earlier 'now' with the later and make them one, cutting out the interval because of their failure to notice it. So, just as, if the 'now' were not different but one and the same, there would not have been time, so too when its difference escapes our notice the interval does not seem to be time. If, then, the non-realization of the existence of time happens to us when we do not distinguish any change, but the mind seems to stay in one indivisible state, and when we perceive and distinguish we say time has elapsed, evidently time is not independent of movement and change. It is evident, then, that time is neither movement nor independent of movement." [7]

oblika u Prirodi, bio itekako svjestan ograničenja matematičkih objekta u prikazu zbilje, te je zanimljivo kako je u tom pogledu njegova kritika – koja naravno ne opravdava automatski i njegovu pretpostavku mogućnosti opisa stvarnosti metodom formalne logike – i danas veoma aktualna. U tom pogledu su veoma zanimljiva dva Aristotelova paragrafa, jedan iz *Fizike* i drugi iz *Nikomahove etike*, u kojima Aristotel jasno daje do znanja kako smatra da je matematika utemeljena na apstrakcijama dok se fizika i filozofija temelje na iskustvu dobivenom kroz odnos sa zbiljom, odnosno – još preciznije – matematika u apstrakciji razdvaja dijelove prirodnih procesa jedne od drugih, kao što su linije i plohe od gibanja tijela, dok su predmeti fizike manje separabilni od predmeta matematike.¹³ Navedeno podrazumijeva da se fizika ne može adekvatno utemeljiti na matematici, koja je proizvod takvog potpunijeg razdvajanja aspekata stvarnosti – te je stoga nematematički karakter Aristotelove fizike prirodna i konzistentna posljedica tih razmatranja, koja su usko povezana s temeljima Aristotelove filozofije.

Upravo na ovom mjestu raskida u odnosu na Aristotelovu fiziku nastupa posrepeni razvoj klasične fizike Galilea i Newtona – postavljanjem fizike na temelje matematičkih relacija, nasuprot kvalitativnoj fizici utemeljenoj na logici. Kroz opis Prirode putem matematike, u operativnom smislu nova fizika odbacuje pozivanje na Aristotelove kategorije uzroka i naravi stvari kao nepotrebno i zapravo strano njezinim novim temeljima. Treba primijetiti da navedeno nije bilo proizvod nekakve spekulacije ili kritičkog promišljanja, već samo iskustva da se neki aspekti prirodnih fenomena mogu izraziti u vidu univerzalnih tendencija iskazanih kroz kvantitativni odnos razumski diferenciranih veličina (npr. udaljenosti, brzine, temperature itd.), kao što je Galileo pokazao na pitanju kvantitativnog opisa slobodnog pada. Zanimljivo je da se ova temeljna razlika Aristotelove i kas-

¹³ “So too, if it be asked, why a boy can become a mathematician but not a philosopher or a natural scientist, the answer doubtless is that mathematics is concerned with abstractions, whereas the first principles of philosophy and natural science are built from experience” [11]

I dalje: “The next point to consider is how the mathematician differs from the physicist. Obviously physical bodies contain surfaces and volumes, lines and points, and these are the subject-matter of mathematics. Further, is astronomy different from physics or a department of it? It seems absurd that the physicist should be supposed to know the nature of sun or moon, but not to know any of their essential attributes, particularly as the writers on physics obviously do discuss their shape also and whether the earth and the world are spherical or not. Now the mathematician, though he too treats of these things, nevertheless does not treat of them as the limits of a physical body; nor does he consider the attributes indicated as the attributes of such bodies. That is why he separates them; for in thought they are separable from motion, and it makes no difference, nor does any falsity result, if they are separated. The holders of the theory of forms do the same, though they are not aware of it; for they separate the objects of physics, which are less separable than those of mathematics. This becomes plain if one tries to state in each of the two cases the definitions of the things and of their attributes. “Odd” and “even,” “straight” and “curved,” and likewise “number,” “line,” and “figure,” do not involve motion; not so “flesh” and “bone” and “man” – these are defined like “snub nose,” not like “curved.” Similar evidence is supplied by the more physical of the branches of mathematics, such as optics, harmonics, and astronomy. These are in a way the converse of geometry. While geometry investigates physical lines but not qua physical, optics investigates mathematical lines, but qua physical, not qua mathematical.” [7]

njih oblika fizike u povijesnim prikazima rijetko dovoljno naglašava, pogotovo u smislu toga koliko ona u znatnom pogledu pretpostavlja jednu nedokazanu pretpostavku. Pitanja o tome može li se stvarnost u svojoj bitnosti prikazati matematički i stoga može li fizika opravdano biti utemeljena na njoj, te u kojoj mjeri matematički prikaz zbilje zanemaruje temeljne odlike Prirode i daje zapravo samo njezinu pojednostavljenu karikaturu, jednako su aktualna danas kao i u trenutku postavljanja tada nove fizike utemeljene na matematici.

Kao što je u osnovi uvidio već Aristotel, stvaranje jedne kvantitativne fizike sa sobom nužno dovodi do gubljenja pojmovne dubine i bogatstva predstava fizike, jer se njezina kvalitativna osnova – koja se ranije zasnivala na relacijama pojmova konstruiranih sintezom iskustva i razvoja svijesti – sada nadomješta osnovom izgrađenom na relacijama između potpuno apstraktnih kvantiteta. Konstrukcija pojma broja, odnosno kvantiteta, predstavlja potpunu apstrakciju u odnosu na sve odlike stvari, čime se kompleksnost neke egzistencije pretvara samo u izraz činjenice njezinog postojanja, identiteta sa sobom i isključenja drugoga iz sebe – što je upravo osnova pojma jedinice. Polazeći od pojma jedinice, matematika razvija različite oblike kretanja nad kvantitetom, od kojih su najjednostavnije zbrajanje i izvedene aritmetičke operacije, a što se kasnije proširuje do pojma funkcije. Upravo kretanje matematičke funkcije, koje se ostvaruje kao kvantitativni odnos zavisne od nezavisne varijable, omogućuje da se fizika utemeljena na matematici primijeni na opisivanje materijalne stvarnosti, koja se pokazuje kao stalna promjena. No takvo kretanje kvantiteta, za razliku od kretanja u Prirodi, pokazuje se ne kao kretanje u samim predmetima matematike – koji zapravo ostaju cijelo vrijeme u potpunosti fiksni, dakle ne kao npr. promjena pojma jedinice kao takve, već samo kao kretanje koje je u odnosu na kvantitet izvanjsko i koje ga ostavlja u potpunosti indiferentnim, dakle jednakim svome vlastitom pojmu. Takvo kretanje se zato primjerice iskazuje samo kao sabiranje ili oduzimanje, rast ili pad, dakle pasivno grupiranje kvantiteta s drugim kvantitetima ili njihovo preslikavanje pri čemu se na njima ne zbiva bilo kakva promjena (i stoga često ima izrazito isprazno-tautološki karakter, kao kod $1+1+1= (1+1)+1=2+1=3$). Istovremeno, postavljanje prirodnih tendencija – ili kako se zna kazati „zakona” – na kvantitativni temelj, omogućuje da se razumski diferencirani pojmovi definiraju znatno preciznije i da se njihove relacije izraze u sasvim određenom vidu, u formi konkretnog kvantiteta. Tako dok, primjerice, kvalitativna fizika na problem gibanja nekog tijela odgovara da će se ono u nekoj situaciji gibati ili mirovati, kretati „više” ili „manje”, dotle kvantitativna fizika odgovara predviđanjem njegove putanje, te stoga i konkretne lokacije eventualnog zaustavljanja tijela. Sve to naravno zah-

tijeva i da se, sada u kvantitativnom vidu, izgrade pojmovi prostora, vremena, brzine, putanje itd. – navedena matematička reprezentacija odnosa tih pojmova (npr. „srednja brzina je omjer prijeđenog puta i proteklog vremena”), koji su sada postali upravo „veličinama”, je zapravo vezana uz način na koji su oni formirani, a nikako ne neovisna od njega. U svakom slučaju, nikako nije tako da su ti pojmovi i njihovi kvantitativni odnosi naprosto preuzeti iz iskustva ili dobiveni opažanjem, jer ono što se opaža čulima jest prirodni fenomen kao jednostavna cjelina, a ne nekakav „prostor”, „vrijeme” „brzina” itd. – utoliko manje ako su oni postavljeni kao kvantitativno definirani. Ovakva konkretnost moderne kvantitativne fizike, u odnosu na njezinu odsutnost u opisu zbilje kod fizike Aristotela, stvara dojam o aristotelovskoj fizici kao jednom primitivnom i nerazvijenom razvojnom stupnju moderne fizike. Svakako je točno da klasična fizika predstavlja veoma intenzivan daljnji razvoj u pravcu daljnje diferencijacije razumskih pojmova konstruiranih u cilju opisa Prirode, slijedeći pravac razvoja koji je jasno zacrtan od strane Aristotela. Međutim, od temeljnog je značaja naglasiti da se u tom razvoju – uvođenjem kvantitativnog opisa zbilje – učinio jedan radikalni skok, čije smo glavne aspekte nastojali prikazati u ovom poglavlju. Zbog toga je Aristotelova fizika ne samo jedan raniji razvojni stadij klasične i suvremene fizike, već bitno drugačiji pokušaj opisa Prirode, bez obzira na to što dijele u osnovi iste metafizičke i logičke pretpostavke – te upravo iz tog razloga ne treba previdjeti aktualnost kritike matematike u pogledu opisa zbilje koja je dana od strane Aristotela.

Program klasične fizike od razdoblja Galilea sastojao se stoga u svodenju pojmova, u najvećoj mjeri preuzetih iz Aristotelove fizike, na (realne) brojeve - uz pronalaženje takvih odnosa (tj. funkcija) među njima koje mogu osigurati suglasnost takve čisto matematičke veze s utvrđenim kvantitativnim odnosima koji su dobiveni prilikom eksperimenata (u kojima se, s druge strane, pojave interpretiraju isključivo iz perspektive takvih teorijski postavljenih fizikalnih pojmova). Time se stvarnost shvaća kao mnoštvo različitih tijela koja se opisuju različitim i nezavisnim fizikalnim veličinama, odnosno kvantificiranim pojmovima fizike. Svaka se takva fizikalna veličina – dakle položaj, energija, temperatura, masa itd. - shvaća kao izražena nekim realnim brojem, te stoga ima svoju dobro definiranu, diskretnu i pasivnu egzistenciju u jednostavnom identitetu sa sobom. Kao direktna posljedica takvog shvaćanja proizlazi da vrijednost svake fizikalne veličine može biti po volji dobro određena i u potpunosti nezavisno postavljena u odnosu na svaku drugu fizikalnu veličinu. Tako bi se, primjerice, temperatura nekog tijela u perspektivi klasične fizike u načelu mogla odrediti savršeno precizno. Pri tome se naravno priznaje da mjerenje, odnosno interakcija s danim tijelom, nužno uzro-

kuje promjenu početne temperature – na što se pak odgovara da je u načelu moguće smanjivati utjecaj takvih promjena do prizvoljno malene vrijednosti. Drugim riječima, predstavlja se kao da je svaka fizikalna veličina sama po sebi u savršenom identitetu sa sobom, te stoga savršeno određena – jedino izvanjski utjecaji dovode do potencijalnih neodređenosti, koji stoga nisu nužnog, već slučajnog karaktera. Ovakve su predstave očigledno utemeljene na neopravdanim i umjetnim apstrakcijama koje u potpunosti razdvajaju tijelo od okoline, no već i na ovoj razini razumske diferencijacije razvoj kvantne fizike je, kao što ćemo pokazati u drugom dijelu ovog rada, u potpunosti odbacio takvo shvaćanje, te ukazao na nužnu unutarnju neodređenost i inherentnu dinamičnost materije, kao i nerakidivu vezu između parova komplementarni fizikalnih veličina, kao što su primjerice položaj i impuls. Pri tome je ironično što trenutno vladajući formalizam kvantne fizike, usprkos ovakvim radikalnim uvidima u prirodu materije, i dalje pokušava inzistirati na konstrukciji u kojoj se fizikalne veličine svode na diskretnost određenog broja, što, kako ćemo vidjeti, otvara brojne paradokse i poteškoće.

Pretpostavljeni kvalitativni karakter fizike kod Aristotela ima za posljedicu da se prirodne pojave nastoje shvatiti na temelju logičkih relacije uzroka i posljedice, naravi stvari i njihove pozicije u klasama pojmova, te je stoga opis prethodnih i budućih stanja u osnovi tendencijski i neodređen, premda okvirno zadan općim načelima. Problem gibanja tijela je u fizici Aristotela stoga sličan primjerice pitanjima razvoja stabla iz sjemena – gdje je nužno da se iz sjemena hrasta razvije hrast, a ne lipa – no koliko li će stablo biti visoko i dugo živjeti ne može biti odgovoreno. Nasuprot tome, klasična fizika po svojoj naravi kao rezultate ima određene kvantitete i kako oni odgovaraju opisu prethodnih i budućih stanja zbilje, a njihova veza je dana nekom zadanom matematičkom funkcijom, to ih se može odrediti i predvidjeti. Pretpostavka o mogućnosti potpunog opisa zbilje matematikom stoga direktno vodi na determinizam klasične fizike, koji pretpostavlja da je poznavanjem odgovarajućih funkcija i opisa Prirode u danom trenutku moguće opisati njezin puni razvoj po volji ranije ili kasnije. Kao pretpostavka ovaj princip determinizma ne stoji na nikakvoj čvrstoj osnovi, već zapravo pretpostavlja generalizaciju jednog parcijalnog iskustva – koje je potvrdilo da se dio aspekata zbivanja u Prirodi može do neke razine, čije granice ostaju nepoznate, iskazati kvantitativno i potvrditi u svojim predviđanjima. Jednom kada su ove temeljne specifične pretpostavke klasične fizike usvojene, posao njezine izgradnje se u osnovi pojavljuje kao preuzimanje pojmova koji su razvijeni u Aristotelovoj fizici i njihovo formuliranje u jeziku matematike.

Upravo u tome što fizika Newtona i Galileja nije izvršila reviziju i kritiku pri-

kazanih metafizičkih i logičkih temelja ranije fizike, već se usmjerila samo na njihovo izražavanje kroz kvantitativnu formu, treba tražiti uzrok – u filozofiji i povijesti znanosti toliko neopravdano ignoriranog – dubokog kontinuiteta u njihovim temeljnim pretpostavkama. Njihova suština, o kojoj smo diskutirali u prethodnom poglavlju, se sastoji iz gradnji fiksnih i diferenciranih pojmova, koji se nakon separacije iz cjeline iskustva nastoje dovesti u izvanjsku vezu medijom formalnih – prvo čisto logičkih, a zatim – nakon razdoblja Galileja i Newtona – matematičkih relacija. Tako se postavlja pojam tijela, pa od njega nezavisnog stanja mirovanja ili gibanja i njegove mase kao nepovezanog atributa u odnosu na ostala svojstva – primjerice energije ili lokacije, zatim pojmovi prostora i vremena potpuno nezavisnih kako jedno od drugoga, kao i sasvim nezavisnih od tijela i njihove dinamike, dok su pak na sasvim drugu stranu postavljene interakcije koje su za danu dinamiku odgovorne. Razlika koja se ovdje pojavljuje u odnosu između klasične i ranije fizike – i koja je u standardnim raspravama u povijesti znanosti maskirala njihov duboki kontinuitet u zajedničkim temeljima – osim u matematičkom nasuprot logičkom jeziku pokazuje se i u praktičnim rezultatima i predviđanjima oba pristupa, prvenstveno u pogledu opisa gibanja.

Važna metodološka novost klasične fizike je inzistiranje na eksperimentu, nasuprot čisto spekulativnom karakteru ranije fizike – čime se znanje o Prirodi sada pokušava dosegnuti kao sinteza razumskog i praktičnog odnosa prema njoj. Upravo je eksperiment, ostavljajući filozofske temelje Aristotelove fizike gotovo netaknutima, istovremeno doveo do bitne revizije konkretnih predstava o odnosima konstruiranih razumskih kategorija prostora, vremena, lokacije i gibanja. Naime, izražavajući sada pojmove udaljenosti, proteklog vremena, te njihove kvantitativno izvedene relacije – kao što su brzina i akceleracija – te ih uspoređujući s mjerenjima izvedenima u opažanjima fenomena (npr. u slobodnom padu), uvidjelo se da se oni ne mogu pomiriti s predviđanjima Aristotelove kvalitativne fizike. Vidjeli smo da Aristotelova fizika, polazeći od principa razlike i odvojenosti među konkretnim stvarima, te isključivog identiteta sa sobom svake stvari, kao stanje tijela ostavljenog samog za sebe, bez vanjskih utjecaja, konzistentno predviđa kinematičko stanje koje je izostanak svake promjene: mirovanje, koje predstavlja potpuno ostvarenje principa samo-identiteta. Samo utjecaj drugih tijela na neko tijelo, koji označava prisutnost razlike i odnos između različitih suština tijela, stoga u takvoj slici vodi na prisutnost promjene. Iz perspektive kinematičkih pojmova, promjena se ostvaruje kao gibanje i stoga slijedi da je ono, matematički opisano pojmom brzine kao odnosom između kvantificiranih pojmova prostora i vremena, prisutno samo uslijed utjecaja drugih tijela. U toj perspektivi se stoga postojanje

konstantne brzine nužno povezuje s uzajamnim utjecajima tijela, dok je u njihovom izostanku stanje kojem tijelo teži dano mirovanjem. Ono što je mjerenjima Galileja međutim pokazano je da takva slika nikako nije u skladu s opažanjima. Klasična fizika je ovaj problem „riješila” tako da je u matematičkoj formulaciji odnosa svojih kvantificiranih pojmova postulirala suprotno: da je gibanje s jednolikom brzinom općenito stanje tijela ostavljenog samog za sebe, a da se prisutnost interakcija s drugim tijelima pokazuje kao promjena u toj brzini, a ne uzrok konstantne brzine kao kod Aristotela. Za razliku od Aristotela, tijela se u fizici Galileja i Newtona dakle ne nalaze prirodno u stanju mirovanja, nego u stanju gibanja (a mirovanje je samo posebni slučaj u kojem je iznos brzine jednak nuli). Ukoliko se radi samo o zadatku postavljanja matematičkog teorijskog modela koji ne vodi na kontradikcije u odnosu prema eksperimentu, takva pretpostavka se pokazala dovoljnom da ih izbjegne na razini spoznaja klasične fizike. Međutim, ukoliko je cilj fizike spoznaja Prirode, koja ujedno uključuje i kritičko promišljanje ranijih pretpostavki i temelja fizike, onda takva pretpostavka predstavlja zapravo samo dio problema, a ne i njegovo rješenje. Pitanje koje se postavlja, a koje ostaje sasvim neriješeno glasi: Zašto bi se tijela ostavljena sama za sebe gibala jednolikom brzinom, kada gibanje kao ostvarenje promjene ne odgovara temeljnom stanju stvari u metafizičkoj slici svijeta koja se temelji na postojanju zasebnih, diferenciranih entiteta koji su u sebe zatvoreni principom identiteta sa sobom, a od drugih otrgnuti principom razlike ili isključenja trećeg? Temeljno stanje nekog entiteta u takvoj perspektivi može biti samo potpuna potvrda principa jednakosti sa sobom, a to je mirovanje – kako je to dosljedno iskazano kod Aristotela. Jednostavno je demonstracijama i pokusima utvrditi da se primjerice tijela u slobodnom padu ne ravnaju po principima Aristotelove fizike i trijumfalno pokazati da njegova fizika nije ispravna, no pravi problem se nalazi drugdje: Aristotelova fizika u pogledu gibanja predstavlja dosljednu posljednicu logike i metafizike na kojoj se temelji, dok klasična fizika u osnovi i dalje nastavlja tradiciju iste logike i metafizike – no sada joj proturječeći u svojim daljnjim koracima. Razvoj fizike se temeljio u ignoriranju ove temeljne kontradikcije i sve većem zatvaranju fizike u matematičko modeliranje stvarnosti, uz izbjegavanje promišljanja svojih vlastitih pojmova i njihove logike. Time se dolazi do razvojnog slijeda u kojemu fizika prvo pretpostavlja izvjesne pojmove i njihove relacije, time pretpostavljajući i jednu određenu metafiziku i logiku, zatim te pojmove dodatno formalizira i lišava njihovog unutarnjeg kretanja matematičkim oblikovanjem, pokušavajući ih primijeniti na interpretaciju prirodnih fenomena – gdje oni nerijetko upadaju u otvoreno proturječje s polazišnim filozofskim temeljima. No, sada je već čitava struktura takve fizike toliko

formalizirana da su ti temelji postali skriveni iza matematičkog jezika i proturječja se sada mogu opaziti samo na temelju pažljive refleksije – koja će se štoviše zabranjivati pod izgovorom da takva refleksija ne pripada fizici, već filozofiji. U daljnjem toku razvoja fizike, takva unutarnja ograničenja neminovno postaju zapreka adekvatnom opisu Prirode i iziskuju promjene u paradigmi, kao što se dogodilo kod kvantne fizike i opće teorije relativnosti. No sve dok sami filozofski temelji klasične fizike nisu kritički promišljeni, pravo značenje takve promjene paradigmi i smisao novih teorija (npr. problem interpretacije kvantne fizike) moraju ostati misterijom.

Kako je u klasičnoj fizici gibanje s konstantnom brzinom osnovno stanje zasebnih tijela ostavljenih samih po sebi, pitanje njihovih međusobnih odnosa iskazuje se stoga na osnovi promjene brzine. Pri tome je logički pojam uzroka ili naravi Aristotelove fizike zamijenjen sada u potpunosti izvanjskim ili mehaničkim pojmom sile. Tijela, koja se zamišljaju kao u sebe zatvoreni entiteti ili njihove nakupine, djeluju jedna na drugo na daljinu (koja bi trebala biti ispunjena „praznim prostorom“ ili čistim ništavilom) nepoznatim i misterioznim mehanizmima u čiju se prirodu ne ulazi, već čiji se specifični oblici u svojim posljedicama na gibanje nastoje matematički modelirati – pri čemu se različiti oblici matematičkih odnosa pridruženih različitim prirodnim fenomenima nazivaju različitim „silama“, pa se tako govori o električnoj, magnetskoj, gravitacijskoj, elastičnoj itd. sili. Tako se formira pojam sile, kao izraz pretpostavljenih misterioznih utjecaja koji ne postoje bez tijela ili pak za tijelo po sebi, nego samo u odnosu dvaju tijela. Pojam sile je dakle metafizički i spekulativni pojam koji je u osnovi proizvod s jedne strane neznanja o stvarnim fizikalnim uzrocima raznih oblika gibanja povezanih s prirodnim fenomenima, a s druge strane pretpostavke o diferenciranoj i atomiziranoj naravi svijeta. Takav pojam sile klasične fizike je uvijek predstavljao veliki uzrok potpune konfuzije u razlikovanju između onoga što je samo pojmovna konstrukcija i onoga što se zapravo opaža u Prirodi, jer se njegovo korištenje zbivalo uglavnom u potpunosti nekritički. Primjerice, redovno se govorilo i govori o „silama koje su opažene ili izmjerene“ ili o silama koje „postoje u Prirodi“, dok je ono što je izmjereno ili opaženo uvijek samo specifični oblik promjene materije ili razlika u kretanjima njezinih dijelova – pri čemu je pojam sile samo naknadni pokušaj, u osnovi tautološke, interpretacije fenomena na osnovu jedne metafizičke paradigme, tj. nešto što se po svojoj definiciji upravo nikada ne može opaziti.

Sve navedene pretpostavke i prikazani postupak matematičkog formuliranja fizikalnih pojmova, čija je osnova metafizička a nastaje u razumskom razdvajanju cjeline iskustva na zasebne i izolirane momente, dobivaju svoj puni izraz u

poznatom Newtonom drugom zakonu. U njemu je pojam sile opisan kao matematička funkcija pozicije i brzine tijela, dana produktom promjene brzine u vremenu (tj. akceleracije) i kvantitativne mjere materije u nekom izdvojenom prostoru, odnosno mase. Ovakva forma ovisnosti pojmova sile i mase ne može biti izvedena mišljenjem, već predstavlja naprosto konstrukciju koja je zadana zahtjevom za jednostavnom matematičkom formom koja je u stanju da reproducira odnose između tih veličina koji nisu u sukobu s opažanjima. Kako je pojam sile upravo uveden kao uzrok odstupanja od jednolikog gibanja po pravcu (odnosno gibanja s konstantnom brzinom), to se prirodno izostanak sile mora shvatiti upravo kao stanje jednolikog gibanja po pravcu – i na matematičkoj razini se to prikazuje kao direktno svođenje drugog Newtonovog zakona na prvi – po kojem se u izostanku sile svako tijelo giba s jednolikom brzinom. Međutim, upravo se u razvoju ovih pojmova eksplicitno razvija proturječje skriveno u njima. Mjerenjima se naime ubrzo pokazalo da se matematička forma koja opisuje promjenu brzine u odnosu od udaljenosti tijela u slučaju gravitacije i elektromagnetizma (odnosno forma koja zadaje ovisnost „sile” o udaljenosti) mora opisati tako da opada s kvadratom udaljenosti. Iz toga proizlazi da bi navedene sile imale beskonačan doseg, odnosno da se utjecaj jednog tijela u Svemiru mora širiti na sva tijela u Svemiru. Čak i ako bi se umjetnim putem pokušalo urediti da se na danjoj lokaciji sve sile međusobno poništavaju, tako ostvarujući uvjet prvog Newtonovog zakona, on bi vrijedio samo lokalno – samo u apstrakciji jedne matematičke točke, te bi dakle bio narušen već jednostavnom, po volji malenom, promjenom položaja. To znači da je jednoliko gibanje po pravcu egzaktno gledano nemoguće, dakle da je prvi Newtonov zakon zapravo neprimjenjiv. „Argument” kako se za dovoljne velike udaljenosti sile mogu zanemariti, može eventualno biti opravdanje za tehničku primjenu ovih principa u svrhu grubog modeliranja elemenata stvarnosti, no ne i u nauci čiji bi cilj trebao biti spoznaja Prirode – jer u pitanjima spoznaje realnosti ne postoji „skoro” ili „približno”, već samo težnja za egzaktnim zahvaćanjem same suštine zbilje. Problem je utoliko teži što se pojam inercijalnog sustava, odnosno takvog referentnog sustava koji se giba jednoliko i po pravcu, nalazi u središtu razumijevanja odnosa između raznih promatrača i njihove ravnopravnosti, te posebno specijalne teorije relativnosti – dok istovremeno vidimo da se inercijalni sustav zapravo ne može ostvariti u Prirodi, kao niti sustav u odnosu na kojega bi se onda mogla univerzalno definirati akceleracija.

Ovakav tip problema neminovno će se nastavljati javljati u toku razvoja fizike, dobivajući štoviše sve radikalnije vidove, u dijelu svojih formulacija dovodeći konačno i do potrebe za otvorenim napuštanjem klasične fizike. U njegovoj se os-

novi nalazi uvijek iznova potvrđena nemogućnost prikaza Prirode – koja se pojavljuje kao dinamična cjelina u stalnoj promjeni i opreci sa sobom – na temelju opisa svijeta kao kolekcije nezavisnih i pasivnih objekata čiji su odnosi opisani formalnom logikom i ograničenim matematičkim konstrukcijama. Razvoj fizike se upravo javlja kao napredak koji nastoji opovrgnuti takve pretpostavljene temelje, te postepeno izraziti jedinstvo i unutarnje kretanje stvarnosti. Tako se primjerice razdvajanje na lokaciju objekta i njegovo dinamičko stanje pokazuje kao neadekvatno, te kvantna fizika pokazuje kako su ti momenti komplementarne komponente jednog jedinstva, kako se uz to materija bez vanjskih utjecaja ne održava u istom stanju gibanja s konstantnom brzinom, već u stalnim fluktuacijama i promjenama koje ne dolaze iz nekog vanjskog uzorka, već iz same sebe; nadalje – kako prirodni fenomeni istovremeno uključuju jednako aspekte kontinuiteta i diskontinuiteta, te kako razvoj materije nije deterministički određen; dok je istovremeno Einsteinova opća teorija relativnosti pokazala nemogućnost razdvajanja pojmova prostora, vremena, mase, efekta „sile” i gibanja. Nemogućnost da se ove posljedice razvoja fizike promisle i osvijeste, te da se na tragu takvih tendencija nastavi s pokušajima odgovaranja na otvorena pitanja fizike, uvelike je usporila razvoj fizike – koji je na nažalost uglavnom obilježen upornim pokušajima da se novi uvidi u strukturu stvarnosti na silu uguraju u okvire starih i prevladanih koncepata,¹⁴ te da se u njihovom okviru traže odgovori na aktualna pitanja. Stoga je borba za konačnim odbacivanjem ovakvih – u razvoju znanja već odavno objektivno prevladanih – logičkih i metafizičkih okvira fizike formuliranih još od strane Aristotela, preduvjet za njezin daljnji napredak i otvaranje prijeko potrebnih novih perspektiva.

Prije nastavljanja diskusije u ovom smjeru, te razmatranja temeljnih principa kvantne fizike u odnosu na klasičnu fiziku, u narednom poglavlju posvetiti ćemo se nešto detaljnije raspravi o formiranju pojmova prostora, vremena i gibanja iz iskustva svijesti, te njihovom pretvaranju u kvantitativne pojmove fizike – čime ćemo u veoma grubim crtama pokušati skicirati mogući pravac kritičkog ispitivanja formiranja fizikalnih pojmova.

¹⁴Tako se npr. i dalje govori i misli o “silama” i “česticama” – iako je jedan od glavnih rezultata kvantne fizike taj da elementi strukture materije egzistiraju ne-lokalizirano i da štoviše ne mogu biti odvojeni od neprekidnog prelaska u druge entiteta i fluktuacija svojih stanja, kao što se govori i o prostoru i vremenu nezavisnom od raspodjele mase i energije i njihove dinamike itd.

6 Prostor, vrijeme i gibanje

Sada ćemo se osvrnuti na neke aspekte odnosa ljudske svijesti prema svijetu, koji predstavljaju osnovu daljnjeg formiranja fizikalnih pojmova, od kojih su temeljni oni prostora i vremena. Važnost ovih pojmova proizlazi iz toga što predstavljaju jedne od prvih i temeljnih pojmova koji se konstruiraju u čovjekovom iskustvu, te jednom postavljeni zadaju okvir čovjekove svakodnevne percepcije zbilje. Njihov prvobitni kvalitativni oblik, koji proizlazi iz oblikovanja neposrednog iskustva na temelju razdvojenih i fiksiranih pojmova, koji se prvo razvija u mediju jezika, a zatim formalno-logičke diferencijacije, konačno u klasičnoj mehanici prelazi u kvantitativnu formu – te tako prostor i vrijeme u njenom okviru postaju samo izraz pasivnog odnosa između apstraktnih kvanata. Razvoj opće teorije relativnosti nam pokazuje da i u ovom slučaju daljnji razvoj znanja opovrgava svoje vlastite polazišne pretpostavke – trebalo je ukinuti razumski postavljenu razdvojenost pojmova prostora i vremena, te njihovu sintezu učiniti samo-odnosećim i dinamičim pojmom prostor-vremena u sebe zakrivljenoga raspodjelom materije koja se u njemu kreće. Kao što smo diskutirali u uvodnim poglavljima, da bi se pitanje prostora i vremena u fizici – u perspektivi kritike njezinih temelja – postavilo na suvisao način, prije svega je potrebno usmjeriti se na proces njihovog formiranja u pred-znanstvenoj svijesti i njihovu naknadnu matematičku obradu u okvirima fizike. Detaljan prikaz takve tvorbe pojmova iz fenomenologije svijesti, koja se razvija kroz svoj odnos prema samoj sebi i vanjskome svijetu, uvelike prelazi okvire ovoga rada i po svojoj suštini mora biti interdisciplinaran pothvat – posebno uzimajući u obzir rezultate razvojne psihologije. Na ovome mjestu zadovoljit ćemo se samo sažetim prikazom glavnih crta takve metode istraživanja, čija se detaljna razrada mora prepustiti budućnosti.

Početak Hegelove Fenomenologije duha od posebnog je interesa za našu diskusiju jer se bavi kontradikcijama u iskustvu prostora i vremena kod neposrednog, odnosno čulnog, odnošenja svijesti prema stvarnosti. Te kontradikcije koje predstavljaju upravo iskustvo svake svijesti, od kojih se u razumskom razvijanju pojmova nastoji apstrahirati – no koje ostaju u njima čitavo vrijeme implicitno sadržane, kasnije se zadržavaju i u pojmovima fizike, vodeći konačno u njihovo otvoreno manifestiranje u određenim etapama razvoja znanja o Prirodi i razvoj novih paradigmi kao odgovor na pokušaj ujedinjavanja i prevladavanja tih manifestiranih proturječja. Ovaj veoma kompleksni razvoj započinje veoma jednostavnim tipom neposrednog iskustva. Prvotno, materijal kojega pribavljaju naša čula u svijesti se prikazuje kao određeni sadržaj i činjenica uočavanja tog sadržaja, tj.

direktnog odnosa svijesti prema određenom predmetu putem čulnih organa, označava se izražavanjem aktualnosti neke pojedinačne egzistencije, što je sadržano u iskazu „ovdje je“. „To „ovdje“, na primjer, jeste drvo. Ja se okrenem nazad, i ta je istina iščezla, preobrnivši se u suprotnu istinu: to ovdje nije jedno drvo, već jedna kuća“[12]. Navedeno proturječje između prelaska jednog „ovdje“ u drugo, od njega nezavisno „ovdje“, drugim riječima između nestalnosti konkretnih pojavnih oblika koji se nalaze u svakome od tih „ovdje“ i stalnosti same forme iskaza „ovdje je“ zapravo proizlazi iz proturječnosti između spoznajnih organa (koji ostvaruju konkretan odnos spoznajnog subjekta prema materijalnoj stvarnosti) i same svijesti (koja formira svoje neposredno iskustvo polazeći od aktivnosti spoznajnih organa). Po svojem načinu funkcioniranja čula prema stvarnosti ostvaruju uvijek odnos koji je nužno parcijalan – primjerice jezik ili oko ostvaruju odnos prema stvarnosti samo putem određenog prostora ispunjenog odgovarajućim tipom živčanih završetaka i to samo u određenom rasponu intenziteta stimulacije. Stoga su učinci materijalnog svijeta na čulne organe uvijek takvi da nikada ne iscrpljuju puni opseg samog materijalnog svijeta, drugim riječima nužno ograničeni samo na njegov (zanemarivo) mali dio, odnosno uvijek vezani uz određene, konkretne sadržaje. Navedeno zapravo predstavlja i prvu epistemološku proturječnost između materijalne prirode i čulnih organa – jer zbilja se, za razliku od ograničene prirode čulnih organa, pokazuje kao cjelina i jedinstvo, ne kao partikularna, već dakle kao opća. Paradoks je „realističke“ filozofije, kao i prirodnih znanosti uopće, što pokušavaju spoznati Prirodu kao nakupinu konkretnih objekata, nerijetko zagovarajući stav da je jedino konačno ono što postoji, dok je zapravo samo to konačno od kojega se ovdje kreće proizvod djelatnosti čulnih organa i fizičkih ograničenja njihove funkcije, naknadno umetnut u prvobitno jedinstvo Prirode. Isti tip proturječnosti između Prirode i čulnih organa sada se na jednom višem stupnju iskazuje kao ranije spomenuta proturječnost između svijesti i partikularne djelatnosti čulnih organa. Svijest se u svojoj suštini pojavljuje kao kontinuitet i jedinstvo koje se u svim svojim promjenama neprestano održava u sebi (što je možda najevidentnije u fenomenu samosvijesti) i stoga nužno egzistira nesputana pojedinačnostima, koje štoviše obuhvaća u svom toku. Iz tog razloga se i čulni sadržaji ne prikazuju u svijesti, na razini čulne izvjesnosti, u vidu izdvojenog sirovog materijala koji je direktni rezultat stimulacije živaca, već kao moment u jedinstvenom u sebe zatvorenom kretanju svijesti, koji se nalazi u sintezi sa ostalim momentima (primjerice, zvuk ili miris se ne percipiraju kao međusobno izdvojeni impulsi, već se percipiraju istovremeno i u okviru toka psihe). Međutim, ono na što čulni sadržaji uvijek upućuju jeste neka pojedinačnost ili određenost – i time u

kontinuitetu kretanja svijesti predstavljaju momente diskontinuiteta. Zbog toga u samome kretanju svijesti, bilo da ona ostaje introspektivna ili vezana uz odnos prema vanjskoj zbilji, ti konkretni sadržaji vezani uz čulnu djelatnost nužno bivaju ukinuti i osuđeni na to da prelaze u druge konkretne sadržaje. U skladu s time je odnos drugog sadržaja prema prvom, u ranijem Hegelovom primjeru kuće prema drvetu, odnos negacije, odnosno opovrgavanja, kojime je u svijesti prvobitni sadržaj ukidanjem prešao u drugi. Štoviše, „Ono ovdje na koje je ukazano i koje ja zadržavam jeste također jedno ovo ovdje koje u stvari nije ovo ovdje, već predstavlja jedno sprijeda i pozadi, jedno gore i dolje, jedno desno i lijevo. To gore predstavlja isto tako mnogostruko drugobivstvo u gore, dolje itd. Ono ovdje, na koje je trebalo da se ukaže, iščezava u druga ovdje, ali i ova druga iščezavaju također; ono ovdje na koje je ukazano, koje je zadržano i koje je trajno jeste negativno ovdje, koje jeste negativno po tome što se sva ovdje shvaćaju kako treba, ali se ona pri tome ukidaju; ono je jedna prosta kompleksija od mnogih ovdje.“[12]

Time iskustvo svijesti direktno upućuje na činjenicu da je jedno konkretno „ovdje“ samo svoja vlastita negacija u koju prelazi, rastvarajući se u sva druga „ovdje“ koja nastavljaju s istim tipom prelaska u vlastitu negaciju – dakle jedna općenitost: tj. ono što se u tom kretanju negacije održava u sebi i odnosu na nju je indiferentno, istovremeno se pokazujući kao svako od tih konkretnih „ovdje“. Diskutirali smo kako to kretanje negacije proizlazi iz proturječja između principa kontinuiteta sadržanog u kretanju svijesti s jedne strane, te principa diskretnosti povezanog s konkretnošću čulnih sadržaja danih djelatnošću spoznajnih organa. Obje strane proturječnosti očigledno po svojoj samoj prirodi nisu karakterizirane istim stupnjem suptilnosti odnosno evidentnosti za dani spoznajni subjekt: konkretnost čulnog sadržaja je nešto što se zatiče kao neposredno i dano je kao gruba aktualnost, dok je uviđanje jedinstvenosti toka svijesti nešto što zahtijeva samo-refleksiju i stoga je suptilno. Iz tog razloga je prvi stupanj razvoja misaone svijesti upravo razumska konstrukcija pojmova koja se temelji na principu diskretnosti i razlike, a koja se nastoji izgraditi na konkretnosti čulnih materijala kao svojoj osnovi. Kada se u razumskom oblikovanju pojmova razdvaja između gore prikazanog procesa, njegovih dijelova i same općenitosti koja mu je u podlozi, onda se kroz tu diferencijaciju konačno dobiva pojam konkretnog objekta, kao u sebe povezanog skupa čulnog materijala koji karakterizira jedno „ovdje“, zatim sasvim nezavisno u odnosu na takav pojam objekta konstruira se pojam njegove promjene (u vidu promjene svojstava ili prelaska jednog objekta u drugi), te konačno pojam općeg odnosa objekata kroz njihovo međusobno isključivanje ili razdvojenost. Pretpostavka je ovakve konstrukcije razumskih pojmova, koja se zatim

uglavnom ne shvaća kao konstrukcija već kao po sebi očito svojstvo same Prirode, potpuno apstrahiranje iz iskustva svijesti, jedinstva i međusobno proturječne veze svih ovih strana, koje su se ovdje pretvorile u zatvorene pojmove. Na taj način se, nastojeći diferencirati momente kretanja materije, formira pojam prostora, uz pojam objekta i pojam vremena, kao jedan od sada sasvim nezavisnih pojmova, a koji izražava apstrahiranu stranu odnošenja objekata kao općenitosti bazirane na njihovom međusobnom isključivanju. Poznata kontoverza oko toga da li je pojam prostora izveden iz relacije među objektima (Leibnitzovo gledište) ili on postoji po sebi kao realnost u koju su objekti postavljeni (Newtonovo gledište), dakle kao preduvjet za njihovu egzistenciju, iz ove se perspektive pokazuje kao klasičan tip antinomije između razumskih pojmova, koja proizlazi iz obilježja njihove vlastite konstrukcije i koja ne može nikada biti riješena polazeći od pretpostavki tih ograničenih pojmova. Karakter te antinomije samo ukazuje na ograničenje razumske diferencijacije koja je stvar. Ukoliko se pak oba razumska pojma - ograničenog objekta uzetog za sebe i prostora uzetog za sebe - ukinu na način da se promotre kao momenti formirani kroz prikazano neposredno iskustvo svijesti, te shvate u svom dinamičkom jedinstvu, onda se antinomija prirodno razrješava.

Ovako shvaćen pojam prostora postaje osnova daljnje percepcije svijeta zasnovane na razumskim kategorijama. U njegovom razvoju prema pojmu prostora klasične fizike od posebne je važnosti bilo njegovo kvantificiranje, koje je započelo s razvijanjem pojma udaljenosti kao kvantitativnog načina odnošenja dijelova prostora. Jedno je od prvih potvrđenih iskustava o mogućnosti primjene matematičkih objekata na reprezentiranje izvjesnih aspekata zbilje upravo bilo pitanje mjerenja udaljenosti, motivirano praktičnim potrebama raspodjele i kontrole nad zemljištem – koje je već veoma visoki stupanj dobilo u drevnom Egiptu. Na taj je način simbolički jezik izgrađen na apstrakciji od svakog kvaliteta stvari, u kojem se zadržava samo prazni znak njezine egzistencije – odnosno pojam jedinice koji svojim pasivnim kretanjem razvija pojam prirodnih brojeva kao nakupine jedinica, pridružen apstrakciji negativnog kretanja svijesti u opažanju objekata. U navedenom pasivnom kretanju jedinica, jedinica se negira – no kako je jedinica apstrakcija od svakog kvaliteta, njezina negacija mora biti i dalje samo potpuno lišena kvaliteta, dakle opet samo jedinica, ukupno stvarajući rezultat iskazan kao „jedinica i jedinica“, pa zatim „jedinica i jedinica i jedinica“ itd. – za što se uvode nove znakovne pokrate kao što su „2“, „3“ itd. Odnos je između tih nakupina jedinica, odnosno prirodnih brojeva, iskazan kao usporedba jedinica sadržanih u dva broja – broj jedinica potreban da bi se dva broja učinila identičnima odgovarajućim ponavljanjem danog broja, što je upravo suština omjera (tako je 9:3 za-

pravo odnošenje između navedenih brojeva kao množina jedinica, u kojemu se postavlja pitanje koliko je jedinica broja 3 potrebno da bi se iscrpila količina jedinica sadržana u 9). Početak matematičkog opisa zbilje sastojao se u pokušajima da se raznovrsna kretanja opažena u Prirodi modeliraju pridružujući ih prikazanom pasivnom kretanju jedinice kao razumski konstruiranom proizvodu kretanja svijesti. Time se omogućilo mnoštvo primjena direktno baziranih na ovoj korespondenciji, kao što je kalendar, evidencija tržišne razmjene i skladištenih dobara, kao i uviđanje pravilnosti nebeskih pojava. Daljni razvoj matematičkih objekata omogućio je da se, uvođenjem realnih brojeva i različitih oblika matematičkih funkcija, modeliranje Prirode matematikom produbi, kako u pogledu opsega, tako i preciznosti – no u svim tim primjerima razvoja nalazi se u osnovi sasvim isti tip odnosa i njegovih ograničenja kao i u ovom prvom historijskom slučaju opisa na temelju prirodnih brojeva. Kako smo spomenuli, jedan je od najranijih i najznačajnijih primjera matematičkog modeliranja svijeta bilo upravo kvantificiranje odnosa dijelova prostora putem uvođenja pojma udaljenosti. Navedeno zapravo predstavlja pridruživanje relacija među dijelovima razumske apstrakcije prostora relacijama među brojevima, odnosno mjerenje prostora. Za to je prije svega potrebno da se, sasvim proizvoljno, neki odnos između dijelova prostora, kao što je lakat, korak ili neki štap itd., uzme kao opći standard prema kojem se ostvaruje veza drugih dijelova prostora – na temelju broja jedinica te referentne mjere koji je potreban da bi se postiglo podudaranje s nekim dijelom prostora koji se tako ispituje mjerenjem (tako se govori da je npr. neka ograda dugačka 20 laktova ili 15 dužina nekog štapa ili pak određeni broj metara). Tako se, kvantificiranjem ili uvođenjem mjere prostora, pitanje odnosa među objektima može postaviti u okviru zadavanja referentnog koordinatnog sustava: izabirući proizvoljno neki dio prostora kao ishodište koordinata svaki drugi dio prostora se može jednoznačno (tj. tako da dani skup brojeva odgovara samo jednom dijelu prostora) kvantitativno zadati s obzirom na tu referentnu poziciju. Pri tome se pokazuje da takvo jednoznačno zadavanje položaja u prostoru, određeno relativno s obzirom na izabranu referentnu točku, zahtijeva minimalno tri različita broja, odnosno tri nezavisna postupka usporedbe s odabranim standardom dužine u različitim smjerovima. Iz perspektive razumske konstrukcije pojmova, takva se odredba prostora kao trodimenzionalnog pokazuje kao strana u odnosu na njegov pojam, kao nešto što mu pridolazi kao puka slučajnost. Iz tog razloga se u matematici i fizici zna govoriti o višedimenzionalnim prostorima – pri čemu se gubi iz vida specifična razlika između fizikalnog iskustvenog prostora kao pojma vezanog uz geometrijski opis koji zadaje odnose među elementima zbilje, te apstraktne relacije među

nekim kvantitetima (npr. prostora brzine nekog sustava čestica, prostora dopuštenih vrijednosti nekih parametara itd.). Gubljenje razlike između metafizičkog statusa takvih „prostora“ (trodimenzionalnog prostora kao pojma vezanog uz fenomenološko iskustvo zbilje s jedne strane, te formalnih matematičkih „prostora“, koji su samo misaone forme odnosa između kvantiteta) zapravo direktno proizlazi kao posljedica sasvim apstraktne i kvalitativno prazne naravi rezultata kvantificiranja razumski konstruiranog pojma prostora, kako smo već diskutirali ranije. U prikazanoj matematičkoj konstrukciji zadavanja prostora putem koordinata s obzirom na referentnu točku naoko se čini kao da je početno raspršivanje opaženog „ovdje“ u beskrajna druga „ovdje“, dakle jednog konkretnog u ono opće, nadomješteno dobro definiranim pridruživanjem neke lokacije skupu od tri broja. Međutim, ovo razrješavanje rastakanja konkretnosti jednog „ovdje“ u beskonačnost svih „ovdje“ samo je prividno. Stvar je u tome da je sama lokacija referentne točke ostala u potpunosti nedefinirana (i time je zapravo jednoznačnost definiranja svih drugih točaka u odnosu na nju izgubila u potpunosti stabilnost svog pretpostavljenog uporišta). Da bi se definirala sama referentna točka treba je ponovno zadati u odnosu na neku drugu referentnu lokaciju itd. što ponovno vodi u beskonačni progres, odnosno rastvaranja jednog „ovdje“ u općenitost. Navedeno je ujedno i dobar primjer na koji način se putem matematičkih konstrukcija maskiraju proturječnosti suštinski prisutne u njihovim pojmovima – one uglavnom nisu eksplicitno vidljive u samome formalizmu, koji unutar svojih ograničenja, naravno ukoliko je uspješan, mora pokazivati unutarnju konzistenciju, već se pokazuju prilikom refleksije o značenju samih pojmova i njihovom odnosu prema zbilji. Kako većina matematičara i fizičara ne razmatra nikada kritički smisao pojmova koje koriste, te se fokusiraju samo na njihovo pasivno korištenje i ugodno koračanje po njihovoj površini, to im se čini da je neproturječnost nekakva bogomdana karakteristika matematičkih pojmova, dok su ih ti pojmovi zapravo prepuni i stoga im pod tlom kojim koračaju bez znanja bijesne prave oluje proturječnosti.

Naša analiza formiranja pojma prostora, koji u svom razumski najizgrađenijem vidu dobiva formu matematičkog pojma prostora, potvrđuje sažeti Hegelov zaključak iz Predgovora Fenomenologiji duha: „Prostor je opstanak u koji pojam upisuje svoje razlike kao u neki prazni, mrtvi element, u kojem su one isto tako nepokretne i nežive. Ono zbiljsko nije nešto prostorno, kao što se to razmatra u matematici; takvom nezbiljnošću kao što su stvari matematike ne bavi se ni konkretno osjetilno zrenje, ni filozofija...Matematika naime razmatra samo veličinu, nebitnu razliku. Ona apstrahira od toga, da upravo pojam razdvaja prostor u njegove dimenzije i da određuje njihove veze i veze u njima samima; ona npr. ne

razmatra odnos linije spram površine; a gdje ona uspoređuje promjer kruga s periferijom, nailazi na njihovu neusporedivost, tj. na neki odnos pojma, na nešto beskonačno što izmiče njezinu određivanju“[12]. Praznina i karakter prostora kao pasivnog i mrtvog elementa u koji se upisuju drugi međusobno diferencirani i nepokretni pojmovi (kao tijela, površine, pravci itd.) proizlazi upravo iz njegovog opisanog razvoja koji počiva na separaciji i fiksaciji pojmova, pri čemu se takav pojam prostora razdvaja i promatra sasvim izolirano od fenomenologije svijesti i kretanja materije na temelju koje nastaje, a onda i od drugih sličnih diferenciranih pojmova – kao što su pojmovi objekata ili vremena – koji se pak razvijaju kao druge strane istog procesa diferencijacije prvobitnog jedinstva iskustva. Klasična fizika u potpunosti prihvaća takav matematički pojam prostora u koji, kao na svoju pasivnu i sasvim indiferentnu podlogu, smješta druge razumski konstruirane pojmove, kao što su sile, polja, čestice, tijela itd. – koje se po prostoru samo proizvoljno gibaju ili mijenjaju, nikada ne utječući na njega. Takav pojam prostora se kasnije, međutim, pokazuje kao sasvim neadekvatan za opis Prirode i – kako ćemo ubrzo ukratko diskutirati – odbacuje u općoj teoriji relativnosti. Međutim, kako fizika koristi matematičke pojmove kao svoj jezik, tako se i taj novi viši pojam – nastojeći iskazati dinamički i relacijski karakter zbilje, zapliče u ograničenja samih matematičkih pojmova koji i dalje ostaju diferencirani i statični i time ne uspijeva ostvariti u potpunosti svoju težnju niti u općoj teoriji relativnosti (primjerice i dalje se razlikuje između prostorvremena i masa koje uzrokuju njegovo zakrivljenje bez objašnjenja što mase zapravo jesu, zanemaruje povratni odnos dinamike tijela na prostorvrijeme na kojemu se giba itd.). Navedeni tip razvoja – u kojem se neadekvatnost matematičkih pojmova za opis samih sadržaja koji se pojavljuju u matematici, a osim toga i prirodnih fenomena, pokušava razriješiti stvaranjem kompleksnijih i u sebi sadržajnijih matematičkih pojmova, no zadržavajući pritom svoja temeljna ograničenja, čime se proturječnost zapravo ne razrješava – jedno je od temeljnih obilježja povijesti matematičkih disciplina, te istovremeno uzrok njihovog stalnog napretka, kao i stalni dokaz njihove ograničenosti. Pojednostavljeno rečeno, matematički pojmovi pokušavaju iskazati stvarnost putem principa kvantiteta, a to znači razdvojenosti, zatvorenosti u sebe i statičnosti, dok se samo mišljenje i materijalna zbilja pokazuju kao kvalitativni, obuhvaćeni u općenitost i dinamički – štoviše navedena obilježja uvijek neminovno ostaju, koliko god prikriveno i prigušeno, prisutna i u samoj građi matematike. Stoga je prisutna stalna težnja da se ono kvalitativno i dinamičko iskaže u okvirima matematike putem konstrukcije čija je osnova kvantitativna i statička, a time i navedena težnja – ma koliko dovodila do rafiniranja i razvoja matematič-

kih pojmova – nikada ne može biti ostvarena u njihovom sadašnjem obliku. Tako se prvo postavlja pojam prirodnog broja, kao čistog statičnog i ograničenog kvantiteta – no u njemu samome prisutan princip progresije (u vidu uvećavanja jedinice jedinicom bez granice) dovodi do beskonačnosti, upravo do opreke kvantiteta – do pojma koji u svojoj suštini izlazi van granica matematike. Matematika teži da učini beskonačnost jednim od svojih pojmova, no to čini samo tako da ga pokušava okonačiti, odnosno lišiti vlastite suštine – i tako se to beskonačno nikada ne doseže, ono nije nikada aktualno, već samo prelazak iz jednog u drugo konkretno, ili pak prazni znak (kao u teoriji skupova). Slično tome, spomenuti prirodni brojevi u vidu svojih međusobnih relacija dovode do nemogućnosti izražavanja njihovog odnosa, do iracionalnog karaktera određenih matematičkih izraza iskazanog kroz beskonačnu neperiodičnost znamenaka. Ona se pokušava prikriti uvođenjem novih znakova koji bi trebali dobiti karakter u sebe zatvorenog i dobro definiranog pojma, no ono što oni označavaju je samo jedan proces koji nikada ne može biti završen, odnosno pojam koji nikada ne može biti postavljen kao cjelina (već samo na neki, ma koliko veliki, broj decimala, koji stoga uvijek ostaje upravo beskonačno udaljen od njegovog punog sadržaja), te koji je posljedica nemogućnosti potpunog iskazivanja odnosa među matematičkim pojmovima samo putem principa kvantiteta. Primjer istog proturječja se pojavljuje i kod matematičkog pojma prostora, gdje ispitujući odnose između njegovih pojedinih elemenata, kao što je odnos opsega i radijusa kruga, matematika nailazi na nemogućnost njihovog iskazivanja u vidu kvantiteta, odnosno na beskonačnost i nemogućnost izražavanja navedenog odnosa kao konkretno realiziranog putem bilo kakvog matematičkog algoritma – ostaje se samo pri jalovom nizu koraka koji nikada ne dolaze do svog cilja.

Postojanje nečega je zapravo prelazak nečega u vlastitu negaciju, jer da bi se nešto potvrdilo kao takvo ono se mora odnositi prema drugome – dakle upravo prema svojoj negaciji – onome što nije, jer ukoliko se ono uopće ne odnosi, ono je samo ništa, a ne nešto. Negacija stvari se manifestira prvo u njezinom drugobivstvu – u odnosu prema drugim konkretnostima koje je ograničavaju te definiraju njezina svojstva, a zatim u vraćanju negacije u samu sebe, dakle kroz samo-negaciju kao promjenu nečega za sebe. Temeljna je posljedica ovakvog metafizičkog razmatranja, bez izuzetka potvrđena u cjelokupnom rasponu istraživanja Prirode – od opažajnog iskustava do rezultata suvremene znanosti – da se Priroda neprekidno mijenja, točnije samo-negira: svaki dio Prirode mijenja se u odnosu prema svim drugim dijelovima, odnosno cjelini, a time se mijenja i u vlastitim

svojstvima. Iz perspektive okvira čovjekove spoznajne djelatnosti, različite konkretnosti, odnosno kvaliteti pridruženi raznim „ovdje“, neprestano se mijenjaju, jednako kao i aktivnosti čulnih organa (koji upravo zbog ograničenosti svoje funkcije i stvaraju kategoriju jednog „ovdje“, u nemogućnosti da svojom aktivnošću zahvate cjelinu opsega Prirode, kako je diskutirano ranije), kao što se konačno mijenja i sama svijest u svomu toku, kroz koji s jedne strane ostaje zatvorena u sebe, a s druge strane neprestano asimilira čulne podražaje. Promjena je stoga upravo sama suština svake konkretnosti, čija se primarnost u odnosu na sve druge izvedene kategorije dokazuje kako fundamentalnim metafizičkim zaključivanjem, tako i razvojnim iskustvom svake svijesti – jer prije nego što se radom stvaranja diferenciranih i fiksiranih pojmova formiraju razumski pojmovi prostora, veličine, vremena itd. svijest se već odavno osvjedočila o karakteru zbilje kao stalne promjene, u potpunosti doživljavajući to iskustvo već kroz prvi plač novorođenčeta.

Kako je diskutirano ranije, nemogućnost čulnih organa da u svojoj djelatnosti obuhvate cjelinu Prirode dovodi do toga da svijest, koja u svome toku apsorbira rezultate djelatnosti organa i prikazuje ih u svome okviru kao čulnu izvjesnost, razvija pojam jednog „ovdje“ koji obuhvaća one sadržaje realnosti zahvaćene čulnim organima, te na suprot kojemu se u kretanju iskustva izražava komplementarni pojam jednog „drugdje“, koji uključuje ono što aktualno nije obuhvaćeno djelatnošću organa. Slično tome, ograničenost čulnih organa u pogledu njihove reakcije s obzirom na intenzitet stimulacije dovodi do nemogućnosti registracije suptilnih promjena koje se neprestano odvijaju, te se zbog te ograničenosti doima kao da su stvari naprosto identične samima sebi, a promjena je samo partikularni fenomen koji ne obuhvaća čitavu stvarnost kao njezina suština. Na takvom aspektu iskustva svijesti, proizašlom iz suštinske ograničenosti čulnih organa, svoj temelj pronalazi izgradnja diferenciranih pojmova, logika koja se temelji na principu identita prema sebi i razlike prema drugome, te uopće nedijalektičko shvaćanje zbilje koje karakterizira kako vulgarno mišljenje, tako i trenutni pristup empirijskih znanosti. Na taj način formira se shvaćanje o mogućnosti privremenog izostanka svake promjene – u ograničenoj percepciji se doima kao da postoje određena stanja u kojima sve ostaje onakvim kakvo je prvo doživljeno, sve dok iznenađa nastupi promjena (što naravno samo predstavlja rezultat nakupljanja učinaka koji tada prelaze preko praga detektibilnosti čula). Time se, paralelno s pojmom jednog „ovdje“ postavlja pojam jednog „sada“, kao stanja potpune opstajuće identičnosti percipirane realnosti sa samom sobom. Takvo stanje je nužno okončano nastupanjem percepcije promjene, no zatim se ono može ostvariti ponovno, kao jedno novo „sada“. Psiha u svom kretanju obuhvaća ukupnost svih takvih dis-

kretnih „sada“, te ih vezuje u svoj jedinstveni tok. Time se direktno osvjedočuje o proturječnostima sadržanima u svome iskustvu: „Pokazuje se „sada“, ovo sada. Sada; ono je već prestalo da postoji u isti mah kada je pokazano; ono sada koje postoji jeste jedno drugo sada, a ne pokazano sada, i tako mi vidimo da se sada sastoji upravo u tome da u istom trenutku u kojem jeste ono već više nije. To sada, čim se pokaže, ono je već jedno bivše sada; i u tome je njegova istina; ono ne posjeduje istinu bića. Prema tome, ipak je istina to da je ono bilo. Ali ono što je bilo nije u stvari nikakvo biće; ono ne postoji, a nama je do postojanja bilo stalo...Mi, dakle, u ovome pokazivanju vidimo samo jedno kretanje čiji se tok sastoji u ovome: 1. Ja pokazujem ono što je sada, ono iskazano kao ono što je istinito; ali ja ga pokazujem kao ono što je bilo ili kao ono što je ukinuto, ukidajući prvu istinu, i 2. Ja to sada izražavam kao drugu istinu, naime da je ono bivstvovalo, da je ukinuto. 3. Ali, ono što je bilo više nije; ja ukidam bivstvovalost ili ukinutost, tj. drugu istinu, negirajući time negaciju onoga sada, i tako se vraćam prvome tvrđenju, naime da sada jest.” [12]

Time iskustvo svijesti pokazuje sličnu dijalektiku odnosa između diskretne prirode spoznavanja svojstvene čulnim organima i kontinuirane prirode svijesti koja se samo-obuhvaća u svome toku, kakva je već bila prikazana kod prelaska između raznih „ovdje“ u jednu općenitost u kojoj se oni pojavljuju kao njezini momenti. Kako su, u razdvajanju i fiksiranju pojmova, aspekti iskustva svijesti koji obuhvaćaju skup povezanih kvaliteta određenog „ovdje“ i zajedničkog odnosa između mnoštva „ovdje“, konstruirani u zasebne pojmove objekta i prostora, kako smo diskutirali ranije, preostaje da se aspekt iskustva svijesti koji obuhvaća gore prikazani tok promjene kvalitativnih svojstava (iz ograničenosti čulnih organa prikazan preko pojma jednog „sada“) izdvoji u sasvim zaseban pojam vremena. Time se, iz same razumske konstrukcije pojmova – koja apstrahira od njihove suštinske veze i prvotne jedinstvenosti iskustva, kao i njihovog unutarnje proturječnog karaktera, formiraju pojmovi i odnosi koji karakteriziraju metafizičke pretpostavke kako Aristotelove tako i klasične fizike. Svijet objekta, kao skupa u sebe zatvorenih cjelina, tako je postavljen na podlogu prostora, koji se shvaća kao njihov opći nosioc – potpuno ravnodušan na objekte i njihove promjene, a takav prostor je pak sam uronjen u opći tok vremena, koji je univerzalan i sasvim neovisan od objekta i njihovih odnosa. Kvantificiranje pojma vremena pokazuje se kao utoliko jednostavnije od kvantificiranja pojma prostora budući da se vremenski interval može naprosto prikazati kao određeni odnos jedinica: za razliku od pojma prostora, kvantificirani pojam vremena ne sadrži ekvivalentni problem onome međusobnog odnosa objekata putem pojma udaljenosti - o kojemu smo govorili ranije - te

se stoga može prikazati putem jedinstvenog broja, za razliku od kvantificiranog pojma prostora koji zahtijeva trojku brojeva za svoj opis.

Kvantificiranje pojma vremena naravno zahtijeva zadavanje definicije neke standardne mjere vremenskog intervala, te proizvoljni odabir ishodišta. Premda se prostor i vrijeme u prikazanoj metafizici zasnovanoj na razumskoj diferencijaciji nastoje pojmiti kao temeljni, a nerijetko i kao elementarni te neizvedeni pojmovi, a onda se naknadno – kao primjerice u fizici – promjena nastoji prikazati kao izvjesna varijacija određenih parametara na podlozi prostora i vremena – odnosno, kako se kaže, kao neka varijacija parametara „u prostoru i vremenu“ – svaka poznata definicija temeljnog vremenskog intervala zapravo otvoreno proturječi ovakvom shvaćanju. Bilo da se za jedinicu vremena uzima dan, godina ili sekunda – bilo da se ta jedinica vremena dakle shvaća kroz odnos s rotacijom i revolucijom Zemlje ili pak prelaskom između dva energetska stanja u atomu cezija ili na bilo koji drugi način – u njezinoj se osnovi uvijek nalazi kvantitativna relacija omjera između neke promjene i promjene koja se uzima kao referentna. Tako je mjera vremena u fizici zapravo dana kao odnos u kojem se neka razmatrana promjena uspoređuje s obzirom na promjenu koja se proizvoljno uzima kao jedinična (rotacija Zemlje oko Sunca ili pak prelazak između određenih atomskih stanja) – u formi pitanja koliko je jedinica referentne promjene potrebno da bi se završila razmatrana promjena (tako je npr. za obavljanje nekog posla potrebna jedna rotacija Zemlje, pa se kaže da posao traje jedan dan). Tu se dakle, obrnuto, pojam promjene pokazuje kao temeljan, a pojam vremena kao izveden – u osnovi kao omjer između dviju promjena. Navedeno nipošto nije slučajno, već ukazuje na ranije prikazanu evoluciju tog pojma koja u svijesti započinje s iskustvom opažanja, te se razvija kroz neprestana preobražavanja onoga što se aktualno percipira. Vidjeli smo da prostor predstavlja takvu praznu apstrakciju, dobivenu izoliranjem aspekta statične opće relacije među entitetima, kakva se jednostavno i adekvatno izražava čistom kvantitativnom mjerom, odnosno pojmom udaljenosti i njezinom generalizacijom u strukturu koordinatnog sustava. Kada su dakle uzeti neki proizvoljni odnosi između objekata u formi udaljenosti kao referentni za mjeru prostora, mjerenje prostora je definirano i nije potrebno da se pritom uvode neki novi pojmovi. Razlika je kod pojma vremena u tome što se apstrakcija pojma vremena pak formira izoliranjem i fiksiranjem upravo aspekta toka kvalitativne promjene pri iskustvu svijesti – i stoga je upravo promjena, odnosno negacija neposredno prisutnoga koja joj je u osnovi, neraskidivo povezana sa suštinom ovog pojma. Stoga se niti pojam vremena fizike ne može adekvatno definirati samo na temelju praznog i po sebi statičnog kvantiteta, nego on za svoje postavljanje uvijek im-

plicitno zahtijeva pojam promjene – koji pak u svojoj suštini izlazi izvan granica kvantiteta. Fizika ovo nastoji prikriti, te prvo nastoji ignorirati potrebu tumačenja smisla definicija jedinica vremena koje koristi, preko njega prelazeći šutke, a zatim nastoji koristiti pojmove vremena, prostora i druge kvantificirane pojmove kako bi, kao kod gibanja tijela, „definirala“ promjenu – ignorirajući time očitu ta-utologiju prisutnu u tome što se u pojmu vremena već sadrži pojam promjene, pa su svi ovakvi pokušaji definicija u osnovi kružni.

Općenita je tendencija da sve veća težnja za međusobnom diferencijacijom momenata nekog sustava, zajedno s prikrićivanjem njegovih suštinskih proturječnosti ubrzanim razvojem odgovarajućeg formalizma, dovodi do svog kraja putem vlastitog razvoja – otvarajući pritom krizu jedne paradigme i nasilno tražeći sintezu ranije diferenciranih elemenata, te razvoj novih, za to odgovarajućih pojmova. Upravo se navedeno dogodilo s prikazanim pojmovima prostora i vremena – pri čemu se težina trenutne situacije temelji na tome da ni više od sto godina nakon revolucionarnih razvoja novih fizikalnih teorija kriza nije završena jer stari pojmovi nisu u potpunosti i konzistentno odbačeni. Specijalna teorija relativnosti je tako, motivirana neočekivanim opažanjima konstantnosti brzine svjetlosti – neobjašnjivima iz perspektive klasične fizike, bila prisiljena odbaciti pojamovnu neovisnost prostora i vremena, te njihovu razdvojenost od dinamike opaženih fizikalnih fenomena. Prije svega se pokazalo da je univerzalan pojam vremena klasične fizike u potpunosti neadekvatan za opis Prirode pri brzinama usporedivima s brzinom svjetlosti, te da se vrijeme, kao i prostor – trebaju shvatiti relativno i relacijski, te ovisno o dinamičkom stanju samoga tijela – tako da se vremenski intervali i dimenzije fizikalnih tijela, koji su u klasičnoj Newtonovoj mehanici bili stalni, pretvaraju u promijenjive veličine koje se mijanjaju s obzirom na brzinu gibanja. Štoviše, kako bi se osigurala empirijski provjerena konstantnost brzine svjetlosti, pokazano je kako je ranije odvojene kvantitativne pojmove prostora i vremena potrebno ujediniti u cjelinu, te shvatiti kao prostor-vrijeme – pri čemu interval koji opisuje međusobnu relaciju prostora i vremena u novoj teoriji postaje ono univerzalno i invarijantno, dok intervali prostora i vremena uzeti za sebe gube temeljni status i postaju relativne pomoćne veličine. Iz perspektive uobičajenog nerefleksivnog promatranja povijesti fizike ovakav se razvoj stvari mora doimati kao neobjašnjiv i začuđujuć, a sami elementi specijalne teorije relativnosti kao „udaljeni od svakodnevnog iskustva i intuicije“ (a oni zapravo samo nadilaze konstrukcije diferenciranih pojmova klasične fizike), dok se iz perspektive filozofske analize samih fizikalnih pojmova i njihovog nastanka, dakle iz dijalektičke perspektive kakvu smo skicirali, razvoj specijalne teorije relativnosti

pokazuje upravo kao nužan – jer on je, kao što se može vidjeti, baš razrješavanje onih temeljnih ograničenja nastalih u izgradnji samih pojmova koje razotkriva dijalektička kritika, te time specijalna teorija relativnosti omogućuje njihov razvoj i ostvarivanje više razine potpunijeg opisa Prirode. Kao i u mnogim drugim pitanjima, takav znanstveni razvoj se mogao u svojim glavnim crtama anticipirati na temelju prikazane filozofske kritike, te bi se time – pod pretpostavkom prihvaćanja filozofske refleksije o temeljnim fizikalnim pojmovima od strane šire znanstvene zajednice - uštedjelo vrijeme koje traganje za novim fizikalnim teorijama uzima u vidu besciljnog lutanja i predlaganja potpuno proizvoljnih hipoteza (npr. u slučaju problema tumačenja opažene konstantnosti brzine svjetlosti, svjesnost o problematici i kontradikcijama u pojmovima prostora i vremena te potrebi da se izvrši njihova sinteza, odagnala bi desetljeća potpuno besplodnog razvijanja hipoteza o raznim tipovima etera na koje se u potpunosti fokusirala tadašnja znanstvena zajednica). Opća teorija relativnosti je još znatno radikalnije nastavila razvoj u istom logičkom pravcu, dalje ukidajući neke od nedosljednosti i nepotpunosti koje su ostale prisutne u specijalnoj teoriji relativnosti. Tako je kroz program geometrijskog opisa gravitacije odbačen pojam gravitacijske sile, te je gravitacija shvaćena kao posljedica zakrivljivanja prostor-vremena raspodjelom masa i energija. Na taj je način ukinuta umjetna pojmovna separacija između dinamike tijela (time i pojmova sila naknadno konstruiranih za njezin opis), te prostora i vremena – pri čemu su svi ovi ranije nezavisni elementi obuhvaćeni u dubljem pojmu, sada dinamičkog i samo-relacijskog, prostor-vremena – i tako se na višoj razini opisa fizika približila istini o jedinstvenom karakteru stvarnosti, koji se demonstrirao već kroz prva iskustva svijesti, a koja je bila izgubljena iz vida prilikom izgradnje navedenih pojmova i njihove primitivnije kvantitativne upotrebe u sustavu klasične fizike. Međutim, s obzirom na to da je opća teorija relativnosti i dalje zadržala dihotomiju između prostor-vremena i masa koje stvaraju njegovo zakrivljenje, povezanu s razumskom separacijom objekata od prostora i vremena, ona se još uvijek, premda predstavljajući značajan korak unaprijed, nalazi daleko od dosezanja cilja zadovoljavajućeg razrješavanja pojmovnih ograničenja klasične fizike.

Problem gibanja predstavlja temeljni problem fizike, jer se veza između fizike kao teorijskog sustava s jedne strane i realnosti s druge strane – koja se iskazuje upravo kao stalna promjena na svim razinama - ostvaruje samo putem matematičkog modeliranja promjene; gibanje je pri tome temeljni oblik promjene u Prirodi jer u sebi uključuje samo odnos između temeljnih fizikalnih pojmova prostora i vremena. Međutim upravo je promjena – a time i gibanje, svojim karakterom

kojim se potvrđuje kao jedinstvo proturječnosti i time zahtijeva umsko mišljenje, pojam koji nadilazi razumske kategorije i mogućnost matematičkog prikaza, te stoga uvijek demonstrira ograničenosti i unutrašnje proturječnosti konstrukcija kako klasične fizike, tako i kvantne fizike i opće teorije relativnosti.

Program opisa stvarnosti na temelju pojmova fizike nastoji svesti gibanje na izvedenu posljedicu odnosa između fiksnih i separiranih pojmova prostora i vremena – koji se postavljaju na drugu stranu u odnosu na sama tijela i njihovu dinamiku. Tako je čak i u općoj teoriji relativnosti gdje se, sada ipak prostor-vrijeme,¹⁵ još uvijek shvaća kao svojevrsna podloga gibanja materijalnih tijela, koja se dođuše mijenja u odnosu na raspodjele masa-energija određenih tijelima. U skladu s time, kada se kvantificirani pojmovi prostora i vremena uzimaju kao zadani onda se gibanje nastoji izraziti kao veza njihove međusobne modifikacije. Tako se shvaća da se neko tijelo nalazi u gibanju ako se njegov položaj u prostoru mijenja s protokom vremena. Pri tome je, iz perspektive čistog mišljenja, sasvim nejasno zašto bi neko tijelo mijenjalo svoj položaj u prostoru umjesto da naprosto ostane u istom položaju. Klasična fizika, za razliku od Aristotelove, shvaća jednoliko gibanje kao neizazvano vanjskim uzrokom, kao svojstvo apstrakcije tijela po sebi. U ovom se višem gledištu time gubi prava razlika statusa između gibanja i mirovanja, a time i mogućnost njihove diskriminacije. Smisao gibanja kao takvog je nešto što se u klasičnoj fizici stoga ne može razmatrati: gibanje naprosto u nekim slučajevima postoji, a u drugima naprosto ne postoji – kao svojstvo stvarnosti ono je naprosto stvar proizvoljnosti i slučaja. Brzina postaje kvantitativna mjera gibanja, kao odnos između kvantitativnog izraza prijeđenog prostora i kvantitativnog izraza proteklog vremena, a mirovanje je time samo jedno posebno stanje gibanja s nultom brzinom. Kasnije ćemo vidjeti da je kvantna fizika ovaj problem odnosa između mirovanja i gibanja u osnovi razriješila odbacivanjem apstrakcije mirovanja kao fizikalne realnosti, shvaćajući stalno gibanje materije kao njezino neodvojivo svojstvo, te se time znatno približila perspektivi dijalektičkog mišljenja.

Temeljno ograničenje takvog shvaćanja gibanja sadržano je u ranijoj formuli „mijenja s protokom vremena“ koja zahtijeva da se pruži neka zadovoljavajuća pojmovna, a onda i izvedena kvantitativna, definicija protoka vremena. Kao što smo vidjeli, protok vremena nije zapravo moguće definirati nikako drugačije nego da se već unaprijed pretpostavi postojanje nekog oblika gibanja, prema kojemu se onda kao prema referentnoj mjeri postavlja omjer nekog drugog oblika gibanja. U izostanku svakog pojma gibanja, odnosno promjene, nije moguće niti postaviti

¹⁵koje se kao pojam uspijeva ispravno shvatiti i dalje samo kod veoma malenog broja fizičara, dok većina i dalje pod njime zamišlja samo nekakvu kombinaciju ili djelomičnu modifikaciju klasičnog prostora i vremena

pojam protoka vremena. Stoga je ovakvo shvaćanje gibanja, koje se zapravo svodi na definiciju „gibanje je promjena položaju tijela u nekom intervalu omjera različitih gibanja“ u potpunosti kružna. Navedeno pokazuje potpuno nezadovoljavajući karakter programa izvođenja gibanja iz pojmova prostora i vremena koji su uzeti kao dani po sebi. Nasuprot ovakvim nastojanjima fizike, promatranje razvoja svijesti i pojmova u njoj – o kojem smo ukratko diskutirali ranije - nam pokazuje da je upravo promjena, koja se iz perspektive odnosa među tijelima pojavljuje kao pojam gibanja, ona kategorija koja je temeljna, koja nije naprosto proizvoljno konstruirana u svijesti, već predstavlja fundamentalnu odliku Prirode i upravo prvo i neposredno iskustvo svake svijesti. Razmatrajući to neposredno iskustvo promjene, svijest iz nje separira različite momente i oblikuje ih u zatvorene pojmove prostora, vremena i objekta. Zbog toga je iz gibanja, kao posebnog oblika promjene koja se u tom vidu pojavljuje u domeni predstava o odnosima među objektima, potrebno izvesti pojmove prostora i vremena, a ne obrnuto. Takav pristup postavljanju mehanike međutim još uvijek nije formuliran.

Kako je promjena upravo najneposrednija i prva spoznata odlika materijalnog svijeta, a sastoji se upravo u prelasku nečega u nešto drugo, u ono što ono nije, dakle u svoju negaciju – time pokazujući da je ostvarivanje afirmacije nečega (njegovo postojanje) zapravo njegova vlastita negacija, za očekivati je da će gibanje postati najvažniji kamen spoticanja razumskom mišljenju, koje se izražava u aristotelovom načelu neproturječja i identiteta. Kako je fizika izgrađena na pretpostavkama takve razumske logike, neminovno je da i ona naslijedi nemogućnost poimanja gibanja – pojma koji je upravo najvažniji za uspostavljanje njenog odnosa kao misaone konstrukcije prema Prirodi. Na proturječje sadržano u gibanju ukazao je već Zenon u svojoj aporiji o strijeli:¹⁶ strijela koja je odapeta iz luka u svakom se trenutku nalazi u određenoj točki u prostoru. Slijedi da je njezino kretanje nemoguće ako pretpostavimo načelo neproturječja - jer pošto se strijela treba nalaziti u jednoj točki, nemoguće je da istovremeno bude u drugoj točki, odnosno da u istoj točki i bude i ne bude. Zenonu je ova aporija služila kako bi pomoću nje dokazao nepostojanje gibanja, odnosno kako bi dokazao da je gibanje naprosto privid. Argumentacija se sastoji u pretpostavljanju ispravnosti načela neproturječja, no čini se mnogo prirodnijim učiniti sasvim suprotno – prihvatiti sveobuhvatno ljudsko iskustvo i realnost izvanjskog svijeta (kojemu su kretanje i promjena očito imanentni), te odbaciti princip neproturječja, koji se promotren s kritičke distance ne čini nimalo nužan ili samorazumljiv – štoviše, čiju smo genezu u razvoju svijesti ukratko nastojali prikazati ranije. Nasuprot Zenonu He-

¹⁶Za detalje preporučamo [13]

gel kasnije upravo u gibanju vidi potvrdu dijalektičkih principa i razlog za negiranje principa neproturječja: „Izvanjsko čulno kretanje jeste neposredno postojanje proturječnosti. Nešto se kreće ne tako što se u ovome „sada“ nalazi ovdje a u nekom drugom „sada“ „tamo“, već samo tako što ono u jednom i istom „sada“ jest ovdje i nije ovdje, budući da se ono u ovome „ovdje“ u isto vrijeme i nalazi i ne nalazi. Starim se dijalektičarima moraju priznati one proturječnosti koje oni pokazuju u kretanju; ali iz kojih ne proizlazi da kretanje zbog toga ne postoji, već naprotiv, da je kretanje sama postojeća proturječnost“. [14]

Naravno, postojali su pokušaji osporavanja utemeljenosti ove aporije, kao i postojanja objektivnog proturječja u gibanju. Međutim, većina se ovih pokušaja zapravo sastoji u prikrivanju proturječja uvođenjem novih pojmova ili pretpostavki – koji ponovno u daljnjoj analizi sadržavaju istu proturječnost - jedini razlog predlaganja ovih rješenja se stoga sastoji u tome da te proturječnosti nisu uočene od njihovih autora. Primjerice, moguće je zamisliti da se let strijele sastoji od vremenskih trenutaka, spomenutih „sada“, te se u svakome od tih trenutaka strijela nalazi u mirovanju na jednoj lokaciji – međutim to ne znači da se ona ne giba: jer svakome trenutku je zapravo pridružena druga lokacije strijele. Gibanje bi stoga bilo sukcesivna promjena lokacija pridruženih različitim trenucima tokom vremenskog intervala koje se sastoji od mnoštva takvih trenutaka – pri čemu nije moguće zauzimanje različitih lokacija u istom trenutku.¹⁷ Međutim ovim se prijedlogom zapravo ništa ne rješava: ako se strijela u jednom nedjeljivom trenutku nalazi na jednoj lokaciji kako je moguće da onda promijeni tu lokaciju u idućem trenutku? Ako su trenuci nedjeljivi i po pretpostavci se ne preklapaju, kako je onda moguće da strijela ne mijenja lokaciju u toku jednog trenutka, a onda ipak dobiva drugu lokaciju na početku sljedećeg trenutka? Štoviše, ako se strijela nalazi u mirovanju u danom momentu onda nije jasno što bi moglo biti uzrokom promjene njezinog stanja u drugom momentu, strijela koja prepuštena sebi naprosto miruje trebala bi nastaviti mirovati, dakle zauzimati istu lokaciju. Kako je moguće tok vremena pretvoriti u nedjeljive i strogo razdvojene trenutke – ako su oni nedjeljivi i različiti gdje nastupa prelazak jednoga u drugi? Ako se u svrhu rješavanja tog pitanja uvodi neka njihova granica – onda je ona nužno proturječna jer sadržava svojstva i jednog i drugog trenutka. Ako bi ti trenuci pak bili bez granice, dakle prožeti a ne odsječeni, javilo bi se pitanje gdje onda nastupa njihova raz-

¹⁷ *“There's only one answer: the arrow gets from point X at time 1 to point Y at time 2 simply in virtue of being at successive intermediate points at successive intermediate times—the arrow never changes its position during an instant but only over intervals composed of instants, by the occupation of different positions at different times. In Bergson's memorable words—which he thought expressed an absurdity—‘movement is composed of immobilities’: getting from X to Y is a matter of occupying exactly one place in between at each instant (in the right order of course).”* [15]

lika – i kako onda zapravo uopće možemo govoriti o međusobno različitim trenucima. Ove proturječnosti su zapravo posljedica nemogućnosti da se gibanje, kao više i temeljnije stanje postojanja, svede na mirovanje – kako je ovdje neuspješno pokušano. Drugim riječima, gibanje kao jedinstvo proturječnosti identiteta i razlike lokacije ne može se svesti niti samo na identitet lokacije (koji bi vodio na mirovanje) niti samo na razliku lokacije (koja bi vodila na nemogućnost kontinuirane putanje strijele). Štoviše, drugi aspekt proturječnosti gibanja je zapravo neovisan o ovakvom razmatranju protoka vremena te i dalje ostaje prisutan: dok strijela miruje možemo reći da ona zauzima jednu lokaciju, no ako strijela iz te lokacije prelazi na drugu lokaciju ona to može činiti ili na temelju nekog prijelaznog stanja ili direktnim prelaskom na drugu lokaciju. Ako se radi o direktnom prelasku na drugu lokaciju, odnosno o njezinom diskontinuiranom skoku, onda je on u sebi proturječan jer sadrži jedno stanje koje je istovremeno karakterizirano mnoštvom lokacija (u diskontinuiranom skoku sadržane su zapravo istovremeno sve lokacije koje čine razliku između neke dvije lokacije). Međutim, takvo diskontinuirano gibanje bi bilo suprotno predstavama klasične fizike o gibanju i pretpostavci o kontinuiranosti prostora. Ako se pak radi o nekom prijelaznom stanju, tada je upravo to prijelazno stanje samo gibanje, negiranje prvobitne lokacije iz koje gibanje počinje, ali iz koje se izlazi, dakle u kojoj se strijela istovremeno ne nalazi: drugim riječima ponovo se radi o proturječju. Na to je moguće odgovoriti da je svako posebno prijelazno stanje opet samo neka posebna lokacija, samo jedna točka u prostoru koja je zapravo različita od početne lokacije i stoga proturječje zapravo ne postoji realno (tj. ono bi postojalo eventualno misaono: samo iz perspektive promišljanja čitavog procesa gibanja kao cjeline u kojem se onda egzistencija u nekoj točki shvaća kao ono što rađa svoju vlastitu proturječnost – egzistenciju u nekoj drugoj točki). Međutim, u ovoj drugoj alternativni prigrljena je pretpostavka da je prostor kontinuiran i da se stoga između svake lokacije u gibanju strijele nalazi nova lokacija. Stoga se za razmatranje prirode gibanja treba razmotriti odnos između neke lokacije i one koja iz nje proizlazi direktno, koja joj neposredno slijedi, a ne neke udaljene lokacije koja je u odnosu prema prvotnoj samo posredna i gdje se stoga niti proturječnost ne može iskazati. Stoga, kada je odgovoreno da je svako prijelazno stanje samo neka posebna točka različita od početne lokacije, pretpostavljeno je zapravo da se radi o nekoj konačnoj udaljenosti koja nije rezultat neposrednog prelaska strijele iz početne lokacije u svoje prvo sljedeće stanje, već neko kasnije stanje. No za točku koja predstavlja prelazak u prvo sljedeće stanje, dakle direktan prelazak strijele iz prvobitne lokacije u sljedeću, ne može se samo reći da je različita od početne točke. Ukoliko je isključivo različita

onda postoji stroga separacija prostora i on nije kontinuiran (jer ili se ne radi o prvoj sljedećoj točki - a to nije u skladu s gornjom pretpostavkom - ili ako se pak radi o njoj, onda između početne lokacije i prve sljedeće postoji neki interval koji nije uključen u prostor, dakle pukotina u prostoru) – suprotno polaznoj pretpostavci. Ukoliko je, s druge strane, ona samo identična početnoj lokaciji onda ne može nastati promjena lokacije, već samo identitet s početnom lokacijom, dakle mirovanje. Gibanje dakle podrazumijeva jedinstvo identiteta i razlike (jedinstvo proturječnosti) s nekom lokacijom – strijela koja leti da bi promijenila lokaciju u kojoj se nalazi mora istovremeno i biti u toj lokaciji i izlaziti iz nje.

Alternativni pokušaj razrješavanja proturječja gibanja sastoji se u primjeni ispravnog uvida o nemogućnosti svođenja gibanja na odnos različitih sukcesivnih stanja mirovanja. Iz te perspektive ne može se reći da strijela u nekom trenutku miruje, već se ona u svakom po volji malom vremenskom intervalu još uvijek giba. No to gibanje u svakome po volji malenom vremenskom intervalu znači zapravo samo to da je u svakom trenutku strijela u nekoj točki i da istovremeno nije u toj točki, drugim riječima - da je u njoj ali i da iz nje izlazi. Kako bi se sada izbjegla proturječnost, to stanje gibanja se proizvoljno uzima kao svojevrstan elementarni pojam koji se po sebi odbija analizirati. Međutim, ukoliko se taj pojam ne može analizirati, onda se i ne može postaviti temeljno pitanje o odnosu strijele prema jednom „ovdje“, odnosno po volji malenom dijelu prostora, u toku u njezinog leta. No to je pitanje upravo ono do čega je ovdje stalo i ono predstavlja baš razmatranje proturječnosti gibanja. Stoga ovaj pokušaj umjesto rješenja problema predstavlja težnju da se o problemu uopće ne misli. Tako Adam Schaff [16] ukazuje na činjenicu da kada Zenon kaže da strijela „jest u nekoj točki“ onda riječi „jest“ daje značenje „leži“. Nasuprot tome Schaff smatra da se riječi „jest“ može dati i značenje „prolazi“, pri čemu to „prolazi“ znači da se strijela u toj točki ne nalazi u stanju mirovanja. Na taj se način, smatra Schaff, ako odbacimo lažno shvaćanje riječi „jest“ i prihvatimo značenje „prolazi“, izbjegavaju logičke proturječnosti. Međutim, shvaćanje po kojemu se problem izbjegava ako se za izraz „strijela jest“ pribjegne značenju „strijela prolazi“, predstavlja jedva nešto više od neuspješnog logičkog trika. Jer upravo pojam „prolazi“ u sebi obuhvaća cijelu pojavu koja se nastoji ispitati. Problem se upravo sastoji u tome da je sam pojam „prolazi“ u sebi proturječan („prolazi“ zapravo znači i jest i nije negdje) i da se njegovim podmetanjem, uz izbjegavanje njegove analize, nastojala zaobići realna proturječnost koja je u njemu sadržana. „Prolazi“ se treba razdvojiti na svoje sastavne momente koji se tiču podudaranja ili nepodudaranja položaja strijele s nekim proizvoljno sitnim prostornim intervalom. Tada se uočava da proturječnost i dalje nastavlja pos-

tojati, no sada unutar samog pojma „prolazi“, kojega Schaff neopravdano uzima kao elementaran i izbjegava dalje analizirati.¹⁸ Konačno, problem gibanja je samo poseban slučaj problema promjene, odnosno formiranja novoga iz staroga - prilikom kojega dolazi do ukidanja onoga što je prije postojalo, te koji je, što se može pokazati na sličan način kao i kod problema gibanja, neusklađen s principom ekvivalencije i principom neproturječnosti.¹⁹

Konačno, Zenonovoj aporiji o strijeli se može pristupiti isticanjem činjenice da se ona sastoji u korištenju pojmova trenutka u vremenu i točke u prostoru, koji su međutim samo misaone apstrakcije i kao takve neadekvatne za opis gibanja.²⁰ Ovakvom se zaključku načelno ne može ništa prigovoriti, ali se zato može prigovoriti odbijanju povlačenja daljnjih implikacija i njegovoj selektivnoj primjeni, koja – čini se – služi samo zato da se odbaci Zenonova aporija. U potpunosti je točno da su pojmovi trenutka u vremenu i točke u prostoru misaone apstrakcije te je upravo i stalo do toga da se pokaže kako su one same proturječne, te kako vode na daljnja pojavljivanja proturječja pri svome korištenju. No svi pojmovi koji se koriste za opis Prirode su upravo jednako tako misaone apstrakcije – a to posebno vrijedi za pojmove prostora i vremena koji se zapravo ne mogu razdvojiti od poj-

¹⁸Primjer stavova Adama Schaffa po pitanju proturječnosti, inače priznatog marksističkog teoretičara te apologeta partije i staljinističkog režima u Poljskoj, pokazuje u kojoj je mjeri razumijevanje dijalektike bilo strano oficijalnom filozofskom pristupu tzv. „dijalektičkog materijalizma“ u Istočnom bloku. Navedeni pristup se umjesto dijalektičkog mišljenja zapravo sastojao u vulgarnom mehanicističkom materijalizmu postavljenom na osnove formalne logike, gdje su se onda formalizirani principi „borbe suprotnosti“ (u kojoj su se suprotnosti promatrale u shematskoj izvanjskoj ovisnosti jedne prema drugoj) kao začini dodavali statičkim pojmovima izvana u vidu „tri zakona dijalektike“ (što je već koncepcija nespojiva sa samom suštinom dijalektičkog mišljenja). Po tom gledištu ne radi se o proturječnosti karakterističnoj za jedan objekt ili pojam, koja bi nadilazila formalno-logičko načelo neproturječja, već samo o postojanju oprečnih dijelova u nekoj stvari, pri čemu se dakle opreke drže uvijek jedna van druge i time ne predstavljaju proturječje sadržano u jedinstvenoj stvari: „*The source of all movement and change is the struggle of internal opposites proper to every thing and every phenomenon. In this sense any thing and any phenomenon is contradictory as containing internal opposites. This is the essence of dialectics which is not impaired by the preservation of the principle of logical noncontradiction. More than that: only in observing this principle is it possible to talk intelligently about dialectics and its principles; talk about the dialectic contradiction (i. e., of the unity and struggle of opposites) in a logically non-contradictory way. Otherwise all judgments would be equally valid and all principles and laws would lose all sense and meaning.*“ [16]. Navedeno, među mnogim drugim mogućim argumentima, još jednom pokazuje svu neopravdanost neprincipijelnih pokušaja diskvalifikacije dijalektičkog mišljenja pozivanjem na njegovu navodnu vezu sa staljinističkom tradicijom i režimima Istočnog bloka.

¹⁹Štoviše, zanimljivo je primijetiti kako je ekvivalentna dihotomija između ovakvih proturječnih pojmova, koje dijalektička metoda ujedinjava, a sustavi bazirani na formalnoj logici nužno uobličuju u sukobljene nepotpune alternative – u gornjem primjeru diskretnosti i kontinuiranosti stanja strijele u letu, u indijskoj filozofiji - u vidu povezanog problema nastanka novog iz starog - bila u središtu sukoba škola samkhya i vaišešika – i time predstavljala jedan od temeljnih prijedora indijske filozofije. Pri tome je samkhya zastupala jednostrani princip identiteta novoga i staroga (gdje se njihova razlika uvijek shvaća kao da se sastoji samo u modifikaciji, no ne i razlici suštine: kao što je slučaj razlike između zlata kao metala i prstena napravljenog od zlata – gdje i jedno i drugo predstavlja samo zlato sa različitim modifikacijama iste supstancije), a vaišešika jednostrani princip razlike – koji upravo i omogućava da se novo razlikuje od staroga, a bez kojega bi svako poimanje i rasprava o novome bila izlišna, suprotno sveopćem iskustvu.

²⁰Primjerice u [13]

mova trenutka i točke. Štoviše, budući da su pojmovi trenutka i točke u prostoru nastali daljnjim razumskim razvijanjem pojmova „ovdje“ i „sada“ – a koji izrastaju iz specifičnosti ograničenja čulnih organa pri svome odnosu s Prirodom, oni su u odnosu na ostale pojmove zapravo primarniji. Ako se stoga želi reći da je mišljenje o gibanju nemoguće korištenjem pojmova prostorne točke i trenutka, budući da su oni samo neadekvatne apstrakcije, onda se mora zaključiti da se također putem fizike ne može adekvatno spoznati stvarnost, jer fizika upravo neprestano koristi te iste apstrakcije, kao i one i iz njih izvedene ili s njima nerazdvojno povezane: kao što su prostor, vrijeme, masa, tijelo itd. No rješenje ne bi smjelo biti niti brzopleta zapadanje u nihilizam, već nasuprot tome strpljiv rad koji nastoji razumjeti obilježja formiranja takvih pojmova i njihovu genezu, njihove granice, te njihovu primjenu kod tumačenja svijeta metodom prirodnih znanosti – kako bi se u konačnosti ti pojmovi nadišli u višim pojmovima, te kako bi se na taj način i prirodnim znanostima omogućio prelazak na viši stupanj. Konačno, naglasimo da se ovdje prikazana suština proturječnosti gibanja ne sastoji naprosto u pretpostavljanju pojmova točke i trenutka, već da proizlazi iz općenite dijalektike odnosa novog stanja prema starome stanju u nekom procesu: ako je novo stanje naprosto identično starome stanju onda se ne može uopće raditi o novom stanju, ako je pak novo stanje naprosto različitog od staroga onda ne postoji veza između tih dviju stanja, a time ni mogućnost prelaska iz starog stanja u novo stanje. Tako se primjerice bilo kakvo eksplicitno pozivanje na pojmove prostorne točke i trenutka može izbjeći ako se problem promotri iz perspektive pogađanja mete: ako strijela leti prema meti onda nije u njoj, ako strijela jest u meti onda više ne leti prema njoj – kako je moguće da ona prijeđe iz stanja leta u stanje zabijenosti u metu? Upravo se u tome nalazi proturječnost. Ako se pak želi reći da se to zbiva u nekakvom diskretnom skoku između ta dva stanja onda je sam taj skok proturječan jer u sebi spaja dva proturječna stanja (odnosno istovremenu egzistenciju strijele na različitim lokacijama), ako se to pak zbiva u nekom kontinuiranom procesu prijelaza – onda je taj kontinuirani proces, kako smo već u drugom kontekstu diskutirali ranije, proturječan - jer bivajući prijelazom između dva stanja zahtijeva da strijela istovremeno i jest i nije u meti. Uočimo da se pojmovi točke i trenutka ovdje doduše mogu pojaviti, ali samo u pokušaju davanja odgovor na antinomiju – odnosno u izbjegavanju proturječnosti na koje ona ukazuje, no ne nalaze se pretpostavljeni u samoj formulaciji antinomije. Slično tome, antinomija bi se mogla postaviti i u vidu problema dvije strijele koje u nekom vremenskom intervalu prolaze jedna pored druge, a zatim se nastavljaju gibati nezavisno – pri čemu se postavlja pitanje kako strijele iz stanja u kojemu se ne preklapaju prelaze u stanje u kojemu

se preklapaju i obrnuto itd.

Zenonov paradoks strijele je po našem mišljenju vjerojatno povijesno gledano najvažniji problem ne samo filozofije, već i fizike – koji u svojoj jednostavnoj i direktnoj formi ukazuje na proturječja čiji će se momenti neprestano pojavljivati u daljnjem razvoju znanosti – posebno u problemima utemeljivanja diferencijalnog računa, te interpretaciji kvantne fizike. U drugom dijelu ovoga rada usmjerit ćemo se upravo na navedeno pitanje razumijevanja kvantne fizike, te ćemo vidjeti kako je kvantna fizika klasično gledište o fizikalnim procesima kao neprekinutoj evoluciji stanja radikalno izmijenila uvodeći i princip diskontinuiranog kvantnog skoka između fizikalnih stanja. Pogrešno bi međutim bilo reći, iako se takvi jednostrani prikazi ne javljaju rijetko, da je kvantna fizika naprosto zauzela jednostrano gledište fizikalnih procesa kao diskontinuiranih skokova – jer usprkos diskretnom karakteru kvantnog prijelaza, niz aspekata kvantne fizike – kao što su primjerice frekvencija i funkcije koje opisuju evoluciju materije (npr. valna funkcija) i dalje ukazuje na istaknuto kontinuirani karakter opisa stvarnosti. Stoga je pitanje odnosa između diskretnih i kontinuiranih aspekata gibanja – odnosno još općenitije, prijelaza između različitih stanja, otvoreno kod klasičnog gibanja Zenonovim paradoksom – jedan od temeljnih problema kvantne fizike i njezinog razumijevanja. Nažalost, glavnina toka Zapadne filozofije je u potpunosti ignorirala značenje i važnost ovog paradoksa, čime su se njegovi pojedini aspekti uvijek pojavljivali samo u vidu partikularnih i izoliranih problema znanosti, te se time u bavljenju njima uvijek išlo iz početka, bez uviđanja zajedničke veze i same suštine problema.

Nužno je bilo da se proturječnost na koju je ukazala gore diskutirana Zenonova antinomija o strijeli prenese i na pokušaje matematičkog opisa gibanja – i ona se povijesno otvoreno pokazala kroz probleme utemeljivanja diferencijalnog računa. Potpuni prikaz ovog problema pripada zapravo tematici dijalektičke kritike matematičkih pojmova i bit će obrađen na drugom mjestu, a ovdje ćemo ga – radi važnosti ovog problema za našu problematiku razumijevanja fizikalnih pojmova – prikazati samo sažeto. Temeljni problem kvantitativnog prikaza gibanja dan je u zahtjevu za postavljanjem pojma brzine kao njegove kvantitativne mjere. Taj zadatak zahtijeva da se brzina kao odnos između prijeđenog puta i proteklog vremena strogo i jednoznačno definira kao funkcija vremena za sve poznate oblike gibanja. Navedeno je lako učiniti kada je gibanje jednoliko, gdje se brzina može direktno izraziti kao omjer konačne razlike položaja u prostoru i konačnog vremena potrebnog za postizanje ove razlike (strogi karakter ove definicije je međutim, kako smo diskutirali, i dalje prividan – jer u sebi uključuje pojam vremena, koji

zapravo tautološki već podrazumijeva odnos između gibanja). No, kada je gibanje nejednoliko i neko tijelo u različitim vremenima opisuje različite puteve, ovakva definicija nam daje samo prosječnu brzinu tijela u nekom rasponu vremena, no ne i njezinu vrijednost u svakom trenutku. Jedna od mnogih velikih zasluga Newtona bila je u tome što je shvatio da se trenutna brzina može shvatiti kao omjer između infinitezimalnih, odnosno beskonačno sitnih, prirasta položaja i vremena – što je pojam koji se matematički generalizira kao derivacija funkcije [17]. Kako se razlika prijeđenog puta i razlika proteklog vremena smanjuje i prelazi u nulu, tako se njihov omjer približava vrijednosti trenutne brzine (na isti način na koji, kako je to shvatio Leibnitz, razlika između nagiba tangente u nekoj točki krivulje i nagiba pravca povučenog kroz dvije točke krivulje smanjuje kako se te dvije točke približavaju). Pri tome je već Newton uvidio proturječni karakter ovih infinitezimalnih veličina: one ne mogu biti naprosto iščezle, a ne mogu biti niti konačne veličine naprosto različite od nule²¹. Ukoliko bi te veličine bile konačne veličine onda bi se one nužno razlikovale od trenutne brzine u nekom trenutku, te bi njihov omjer vodio samo na vrijednost prosječne brzine u nekom intervalu vremena – kako je rečeno ranije. Ukoliko bi te veličine bile naprosto iščeznule, odnosno jednake nuli, to bi značilo da zapravo nije prijeđen nikakav put i stoga se uopće ne može govoriti o gibanju - dok bi to s matematičke strane vodilo u neodređenost oblika $0/0$. Newton je stoga o njima govorio kao o iščezavajućim veličinama koje još nisu iščeznule, te o njihovom omjeru, odnosno derivaciji, kao definiranom u samom trenutku iščezavanja. No, govoriti o iščezavajućim veličinama u trenutku iščezavanja znači upravo priznati proturječnost sadržanu u pojmu ovih veličina – jer to znači da u danome trenutku one nisu niti jednake nuli niti nejednake nuli - da predstavljaju upravo proturječnost. Na ovome mjestu možemo uočiti duboku povezanost problema infinitezimalnih veličina s problemom Zenonovog paradoksa – štoviše, pokazuje se kako je problem njihovog značenja samo pojmovna modifikacija odnosa proturječnosti koji smo kod njega ispitali. Lokalizacija strijele u nekoj točki u nekom trenutku odgovara zapravo situaciji u kojoj je razlika prijeđenog puta jednaka nuli – odnosno strijela se nije pomaknula iz točke u kojoj se nalazi. Stanje u kojemu strijela više nije u nekoj točki odgovara situaciji u kojoj je razlika puta jednaka nekoj konačnoj vrijednosti različitoj od nule. Kako smo pokazali gore, da bi se strijela gibala ona istovremeno mora i biti u danjoj točki i ujedno biti van nje. Isti odnos se pokazuje u okviru pojma brzine, kao omjera prijeđenog puta i proteklog vremena, odnosno matematičke mjere gibanja: da bi se odredila trenutna brzina, omjer se mora uzeti onda kada vrijednosti

²¹ "...limits to which the ratios of quantities decreasing without limit do always converge, and to which they approach nearer than by any given difference, but never go beyond, nor ever reach until the quantities vanish" [17]

protoklog vremena i prijeđenog puta nisu niti jednake nuli (dakle strijela se više ne nalazi u nekoj točki), a nisu niti različite od nule (strijela istovremeno nije izašla iz početne točke). Slično kao što se proturječnost koja se pojavljuje u promišljanju gibanja može neuspješno pokušati maskirati uvođenjem pojma „prolazi“ (koji zapravo u sebi samome sadrži tu proturječnost da ono što prolazi zapravo istovremeno i jest i nije u danoj točki), tako se proturječnost prisutna u pojmu infinitezimalnih veličina može pokušati prikriti korištenjem pojma „iščezavajuće veličine u samome trenutku iščeznuća“ (koji u sebi sadrži tu proturječnost da su one istovremeno i jednake nuli i nejednake nuli). Ovo otvoreno manifestiranje proturječja u jednom formalno definiranom matematičkom problemu – od temeljnog značenja za razvoj čitave suvremene prirodne znanosti i matematike - nas dodatno uvjerava u to da Zenonova aporija nije naprosto prazni sofizam, pogreška u mišljenju ili pak lingvistički nesporazum, već upravo suštinski paradoks promišljanja gibanja na temelju pojmova prostora i vremena. Štoviše, navedeno pokazuje teški propust koji je počinjen sistematičnim ignoriranjem značaja Zenonove aporije u povijesti znanosti i filozofije - čije je sistematično promišljanje moglo znatno ubrzati otkrivanje diferencijalnog računa, a time i čitav razvoj moderne znanosti. To je samo jedan od bezbrojnih primjera koji pokazuje da se najznačajnija otkrića zbivaju onda kada se istraživanje usmjerava na temeljne pojmove znanosti, odnosno na frontu u kojoj se spajaju fizika i filozofija, a ne kada se – kako je nažalost dominantan slučaj danas – istraživanja u potpunosti sputavaju logikom neposrednih posljedica, primjenjivosti i korisnosti.

Jedna od glavnih zadaća matematike drugog dijela 19.-og stoljeća bila je izbjegavanje ovih proturječnosti sadržanih u diferencijalnom računu, kako bi se ova – po svojim posljedicama najvažnija disciplina matematike – pokušala prikazati u obliku koji je potpuno konzistentan s formalno-logičke točke gledišta. Međutim budući da je, kako smo prikazali, ova proturječnost sadržana u samom pojmu promjene, te stoga nije matematičkog već temeljno-pojmovnog karaktera, slijedi da ona u okviru matematike niti ne može biti riješena. Stoga pokušaji logičkog formaliziranja diferencijalnog računa, omogućeni prvenstveno doprinosima Cauchija i Bolzana [18], u pogledu ove proturječnosti predstavljaju zapravo težnju da se ona prikrije matematičkim formalizmom, a ne da se suštinski razriješi. Osnovna logika ovog pristupa sastojala se u pretvaranju jednog od temeljnih ograničenja matematike – da dio njezinih objekata (kao što su npr. iracionalni brojevi, koji se mogu shvatiti u vidu beskonačnih ne-periodičkih decimalnih brojeva) ne može nikada biti aktualno ostvaren, već ostaje uvijek samo u potencijalnosti – u tehniku izbjegavanja suočavanja sa infinitezimalnim veličinama. Tako se u Ca-

uchijevom pristupu izbjegava govoriti o samom omjeru infinitezimalnih veličina, odnosno o derivaciji se ne govori direktno. Umjesto toga, promatra se kvantitativna razlika između derivacije – koja se ne definira neposredno i čiji se pojam time nimalo ne objašnjava – i nekog konačnog omjera između prirasta puta i prirasta vremena (općenitije uzevši, prirasta neke funkcije i prirasta njezinog argumenta). Kako se vrijeme u svome prirastu približava određenoj točki (općenitije, kako se vrijednost argumenta približava određenoj vrijednosti) u kojoj se razmatra derivacija, drugim riječima kako razlika vremena u odnosu na tu točku postaje sve manja, sve manjom postaje i promjena puta (općenitije, priraštaj funkcije). Za derivaciju puta po vremenu u nekom trenutku se stoga uzima vrijednost (tj. jedan određeni kvantitet) kojemu se po volji blisko približava omjer konačnih veličina prirasta prostora i vremena ako se razlika između vrijednosti vremena u odnosu na taj trenutak uzme dovoljno malom. Nije teško vidjeti da je ovo navodno rješenje problema prividno, jer ono upravo odbacuje da razmatra samu problematičnu pojmovnu točku, odnosno upravo pitanje koje je na dnevnome redu – nadomještajući to jednim praznim monotonim kretanjem koje se uvijek nalazi izvan samoga pojma, koje do njegovog kvantitativnog izraza doduše dolazi sve bliže, ali ga zapravo nikada ne doseže. Možda je za potrebe nekog tehničara, koji recimo želi osigurati da vijak ulazi u maticu, dovoljno da razmatra njihove radijuse na neki broj decimala, te da taj broj decimala s razvitkom tehnike i proširuje, no od discipline koja pretendira spoznati realnost, odnosno dosegnuti istinu, treba zahtijevati da, barem u postavljanju svojih temeljnih pojmova, ne rabi istu prostu logiku, te da se ne zadovoljava pojmovima kao što su „po volji maleno“ – jer svako je „po volji maleno“ upravo neko konačno veliko, odnosno upravo nešto drugo u odnosu na derivaciju, tj. ono što se pokušava definirati. Ne samo da se u ovakvom pristupu derivacija pojmovno ne definira – jer ona se na ovaj način nastoji uvesti u potpunosti prazno-kvantitativno, preko njezinog postepenog numeričkog približavanja onome što derivacija nije (omjeru između konačnih prirasta puta i vremena) – nego se ona aktualno i ne ostvaruje. Refleksivnom mišljenju nije stalo do nečega što se može samo po volji približiti pojmu derivacije, dakle nečemu što se od njega uvijek razlikuje – i pri tome je nebitno koliko malo, jer svaka je proizvoljno mala razlika upravo razlika i stoga izostanak identiteta prema onome u odnosu na što se razlika postavlja – već mu je stalo do samoga pojma derivacije. Taj pojam je, međutim, ostvaren samo onda kada je navedena razlika upravo jednaka nuli, a to znači i kada je razlika vremenskog intervala jednaka nuli – no, u tom stanju se više ne radi o gibanju, jer nema niti promjene vremena, a niti promjene puta. Iza koprene prikazanog formalizma (koja temeljne odnose identiteta i razlike maskira

razmatranjem konačnih kvantitativnih razlika koje se smanjuju, ostajući pri tome van samog pojma derivacije) zapravo se, egzaktno gledano, nalaze samo dva proturječna stanja: 1) omjer prirasta puta i vremena nije jednak derivaciji, već daje samo prosječnu brzinu u danom vremenskom intervalu, 2) omjer prirasta puta i vremena je formalno jednak derivaciji, ali je u tom stanju iščeznuo pojam vremenskog intervala i on je prešao u nulu, odnosno u neki određeni trenutak vremena - time označujući izostanak samog pojma gibanja (a time i derivacije). Ako želimo dakle zaista doći do pojma derivacije u Cauchijevom formalizmu moramo razmotriti stanje koje je nejednako u odnosu i na prvo i na drugo prikazano stanje, koje je dakle upravo njihov prijelaz. No u tom stanju vremenski interval ne može biti niti samo konačne veličine, jer tada je omjer prirasta puta i vremena samo prosječna brzina, no ne i derivacija, a ne može niti naprosto biti jednak nuli. Iskazano drugim riječima: razlika između omjera prirasta puta i vremena mora biti strogo jednaka derivaciji, ali tako da dužina odgovarajućeg vremenskog intervala istovremeno nije naprosto jednaka nuli – ponovno smo došli do pojma infinitezimala koji predstavlja jedinstvo proturječnosti sadržano u pojmu „neiščeznute iščezavajuće veličine“ vremenskog intervala. Taj pojam se čitavo vrijeme nalazio u samoj podlozi problema brzine, odnosno općenitog odnosa promjene funkcije i njezinog argumenta, a njegovo manifestiranje prikriveno je u Cauchijevom formalizmu na umjetan način time što se izbjegnulo promatrati moment u kojemu on nastupa, nadomještajući ga jednim monotonim približavanjem koje se nikada ne doseže i pri čemu se uvijek ostaje kod neke razlike u odnosu na ono što se želi postići, no koja se – ničim opravdano - zatim ignorira, a cilj se slavodobitno proglašava dosegnutim. Drugim riječima, u tom pristupu pojam derivacije se prvo sveo samo na svoj kvantitativni izraz, a zatim se taj kvantitativni izraz nadomjestio jednim nizom koji mu se približava, no koji je od njega uvijek različit; da bi se na kraju konačno taj različiti niz („po volji maleno različit“, ali time suštinski upravo uvijek različit) proglasio za sam pojam derivacije. Ako se u odnosu na taj sofizam opravdano zatraži da razlika između razmatrane veličine i veličine koja se želi definirati egzaktno nestane, onda se ponovno dolazi do jedinstva proturječnosti koje se nastojalo izbjeći. Prikazani je formalizam zapravo identičan logici koja bi na zahtjev da se primjerice pokaže plamen neke svijeće odgovorila mjerenjem intenziteta svjetlosti i temperature u prostoru i odgovaranjem da je plamen svijeće ono stanje prema kojemu teže intenziteti svjetlost i temperature kada se uređaji primiču njezinoj lokaciji – što je zapravo izostanak pokazivanja plamena svijeće i nadomještanjem ovog zahtjeva upravo odnosom prema onome što plamen svijeće nije. Navedeno je dobar primjer metodologije koja je u toku

narednog stoljeća dovela matematiku pod potpunu prevlast bespojmovnog formalizma - nastojeći svesti matematičko znanje na suhi kostur formalno-logičkih odnosa, maskirati u tom kosturu proturječnosti vlastitih temelja, te i iz njega izbaciti sve ono što je kvalitativno i misaono - naravno u mjeri u kojoj je to moguće. Matematičko znanje se time nažalost zatvorilo prema svojoj historiji (gledajući u njoj uglavnom izraz nasumičnosti, nasuprot naknadnom i umjetnom organiziranju matematičkog materijala u formalističkom pristupu) kao i prema ostalim znanostima koje koriste njezine rezultate. Štoviše, korištenje infinitezimala u fizici nastavilo se radi njihove jednostavnosti i direktne primijenjivosti na probleme od interesa, bez obzira na njihovu zabranu upućenu od strane formalne matematike. Konačno, pojam infinitezimala se s pravom započeo vraćati u matematiku u drugoj polovici 20.st., kada je u alternativnim pristupima izgradnji diferencijalnog računa, kao što je glatka infinitezimalna analiza, pokazana mogućnost izgradnje konzistentne građevine matematičke analize na temelju pojma infinitezimalne veličine - pod pretpostavkom odbacivanja načela neproturječja [19].

Literatura

- [1] Poincare, Henri 1905-06: 'Les mathématiques et la logique' in *Revue de Métaphysique et de Morale* XIII, 815-835, and XIV, 17-34, 294-317. Translated as 'Mathematics and logic', "The new logics" and "The latest efforts of the logicians" in Poincare' 1921, pp. 448-485.
- [2] Popper Karl, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge; 2nd edition (August 9, 2002)
- [3] Bohr, N. H. D. *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Ox Bow Press, 1987
- [4] Imanuel Kant, *Kritika čistog uma* ; preveo Nikola M. Popović ; Kultura, Beograd, 1970
- [5] Ninio, A. (1979). Piaget's theory of space perception in infancy. *Cognition*, 7(2), 125-144.
- [6] Elkind, David. "Perceptual Development in Children: The Work of Jean Piaget Provides Psychologists with Important Tools for Analyzing Perceptual Skills and Performances." *American Scientist*, vol. 63, no. 5, 1975, pp. 533-541. JSTOR
- [7] Aristotle, *Physics*. In R. M. Hutchins (Ed.), R. P. Hardie and R. K. Gaye (Translate), *The works of Aristotle volume 1* (pp. 257-355). Chicago, IL: William Benton, 1952

- [8] Radhakrishnan Sarvepalli, *Indian philosophy vol.2*, Oxford University Press; Reprint edition (April 1, 1998)
- [9] Aristotle, *The Organon, or Logical treatises, of Aristotle. With introduction of Porphyry. Literally translated, with notes, syllogistic examples, analysis, and introduction.* By Octavius Freire Owen, London 1889.
- [10] Aristotle, Ross, W. D., 1923. *Greek text and commentary on Aristotle's Metaphysics*, vols 1 and 2. Oxford: Clarendon Press.
- [11] *Aristotle's Nicomachean Ethics*, University of Chicago Press; Reprint edition, 2012
- [12] Hegel, G.W.F, *Fenomenologija duha*, Beogradski izdavačko-grafički zavod: Beograd 1974. prev. dr. Nikola M. Popović
- [13] Guthrie, W. K. C., *A History of Greek Philosophy, vol. 2: The Presocratic Tradition from Parmenides to Democritus*, Cambridge: Cambridge University Press, 1965, Part I.B.
- [14] Hegel, G.W.F, *Nauka logike I-III* Nikola Popović, Beogradski izdavačko-grafički zavod, Beograd 1977
- [15] Huggett, Nick, "Zeno's Paradoxes", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/paradox-zeno/>.
- [16] Adam Schaff, *Marxist Dialectics and the Principle of Contradiction*, *The Journal of Philosophy*, Vol. 57, No. 7, Polish Number (Mar. 31, 1960), pp. 241-250
- [17] Newton Isaac, *The Principia : Mathematical Principles of Natural Philosophy*, University of California Press, 1999
- [18] J.V. Grabiner, *The origins of Cauchy's theory of the derivative*, *Hist. Math.*, 5, 1978, pp. 379-409.
- [19] Bell, John L. (2008). *A Primer of Infinitesimal Analysis*, 2nd Edition. Cambridge University Press

Indijska filozofija: O odnosu tekstualnog i duhovnog znanja u tradiciji monističkog šivizma

————— Boris Marjanović —————

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode

boris.marjanovic@icpn.hr

Među onima koji su zainteresirani za proučavanje različitih religija Južne Azije, a koje se nominalno podvode pod termin hinduizma, jasno se mogu razlikovati dvije skupine ljudi. S jedne strane postoji takozvana znanstvena zajednica koja općenito favorizira intelektualno znanje nad znanjem stečenim praksom. S druge se strane nalaze oni koji vjeruju da se samo pomoću meditacije ili neke druge jogijske vježbe može steći istinsko razumijevanje stvarnosti ili prosvjetljenje. Na obje se strane nalaze oni koji žele premostiti tu podjelu pokušavajući približiti ove dvije vrste znanja isticanjem međusobne ovisnosti jedne o drugoj. Međutim, ta je skupina očito u manjini i njezin glas ostaje nepoznat.

Svrha je ovog rada istražiti i razumjeti kako su učenjaci/jogiji¹ iz škole nedualističnog kašmirskog šivizma,² posebice Abhinavagupta,³ pristupili ovom problemu. U ovom kontekstu intelektualno znanje označava znanje stečeno izučavanjem *śāstra* ili *āgama*,⁴ dok duhovno znanje označava znanje stečeno jogijskim vježbama, koje su u ovom sustavu usko povezane s inicijacijom⁵ (*dikṣā*). Kako bismo to postigli, prvo moramo razumjeti pojedinosti dvije blisko povezane teorije-šivističke teorije znanja i samoprepoznavanja (*pratyaabhijñā*). U tom procesu koris-

¹Učenjaci su tvorci filozofsko-religioznih radova, a jogiji su oni koji primjenjuju učenja tih radova. Generalno govoreći, učenjaci su više zainteresirani za znanje dok su jogiji više preokupirani praksom. Često su učenjaci također i jogiji.

²Izraz nedualistični kašmirski šivizam korišten je kako bi se razlikovao od dualističkog Śiva Siddhānta. Stoga ću u ovoj studiji koristiti izraz nedualistični kašmirski šivizam ili jednostavnije šivizam kada ću se referirati na nedualističke škole. Kada ću se referirati na škole dualističkog šivizma koristit ću se izrazom Śiva Siddhānta.

³Abhinavagupta (oko 950-1020 p.n.e.) jedan od najvažnijih mislioca/filozofa Indije. Dao je velik doprinos indijskoj misli na područjima nedualističkog kašmirskog šivizma, estetike, poezije i glazbe.

⁴Riječ *śāstre* se odnosi na znanstvene, filozofske, religiozne i druge radove.

⁵Inicijacija je uvođenje učenika od strane učitelja u dublje aspekte određenog filozofskog sustava obično popraćeno određenim ritualom. Tokom inicijacije učitelj obično tumači tekst određenog filozofskog sustava učeniku i uvodi ga u razne vježbe meditacije, održavanje svijesti, vježbe disanja, itd.

tit ću se izvjesnim brojem izvora, no, prvenstveno ću se oslanjati na Abhinavagup-
tinu *Tantrāloku* i *Tantrasāru*.

Počnimo s razumijevanjem prirode prepoznavanja u skladu s učenjem *Pratyab-
hijñā sustava*. Proces stvaranja može se shvatiti kao izlaženje prema van svijesti⁶
koja se u svojem rasprostriraju kondenzira i poprima sve grublje aspekte postojan-
nja. Stoga se zbog kreativnog čina Šiva⁷ sve više udaljava od čistoće Svoje svijesti
sve dok konačno ne gubi iz vida Svoju najdublju slavu i moć. U tom procesu, po-
primajući oblike različitih subjekata i objekata, On skriva Svoju pravu prirodu. To
skrivanje vlastitog Sebstva u procesu izlaženja prema van zove se pomračenje (*ti-
robhāva*). Somānanda⁸ u svom djelu *Šivadṛṣṭi* piše:

Neka Šiva, koji je uzeo oblik naših individualnih ja, ponudi svoju počast Šivi
koji se kroz svoje *śakti* proteže u obliku Svemira, u svrhu uklanjanja prepreka koje
su također Šiva. On koji je svijest koja počiva u sebi obilujući blaženstvom, čiji je
tok volje (*icchā*) neograničen i koji posjeduje spontani tok akcije i znanja, sjaji u
svakom obliku postojanja kao Sebstvo⁹.

Kao što iz ovoga stiha vidimo, Šiva je sve što postoji, jer ostaje prisutan u svim
subjektima i objektima unatoč tome što na grubljim razinama gubi čistoću Svoje
svijesti, koja je rezultat Njegove slobode. Iz ove perspektive, život uopće, a po-
seбно duhovne vježbe nisu ništa osim procesa Šivinog prepoznavanja (*pratyab-
hijñā*) vlastite prirode. Stoga, dok je svijet za sljedbenike Vedānte nestvaran, za ši-
viste je stvaran zato što je manifestacija Šive. Štoviše, prema sljedbenicima Vedānte,
svijet prestaje postojati u trenutku realizacije Brahmana, a po sustavima Sāṃkhya
i Yoge, *prakṛti*¹⁰ prestaje funkcionirati u odnosu spram *puruṣe*¹¹ koja je dosegula
*kaivalyu*¹². S druge strane, za šiviste svijet preostaje čak i kad je krajnji cilj ostva-
ren. Međutim, svijet je spoznat onakvim kakav uistinu jest. On je pozornica na
kojoj Šiva izvodi Svoju kozmičku igru (*lilā*) skrivajući i otkrivajući vlastitu prirodu.

⁶Svijest ima dva aspekta: "cit" je temeljni i nepromjenjivi princip svih promjena. "Citi" je
energija svjesnosti koja pokreće, održava i uništava sve promjene [world process].

⁷Iz šivističke perspektive, svijest je vrhovno božanstvo. Međutim, kada govorimo iz te-
ološke perspektive riječ Šiva ili Parama Šiva koristi se kako bi se oslovilo tu stvarnost. Iz te
perspektive Parama Šiva označava vrhovnu stvarnost, apsolut čija je priroda samorefleksija
(*vimarśa*) i svjetlost (*prakāśa*).

⁸Somananda (oko 870-925 p.n.e.) bio je filozof i jedan od učitelja kašmirskog šivizma i
osnivač *Pratyabhijñā* škole.

⁹*asmadrūpasamāviṣṭaḥ svātmanātmanivāraṇe | śivaḥ karotu nijayā namaḥ śaktyā tatāt-
mane || ātmaiva sarvabhāveṣu sphurannirvṛtacidvibhuḥ | aniruddhecchāprasaraḥ prasaraḍḍṛk-
kriyaḥ śivaḥ || Ś. Dr . 1: 1-2.*

¹⁰*Prakṛti* je aktivan, ali nesvjestan princip (*tattva*) koji je prvo formulirala Sāṃkhya škola,
čije transformacije dovode materijalni svemir u postojanje.

¹¹*Puruṣa* je svjestan, ali neaktivan princip (*tattva*). Zajedništvo (*samiyoga*) njih dvoje dovodi
svijet u postojanje.

¹²*Kaivalya* ili oslobođenje nastaje kada je sljedbenik *Sāṃkhya/yoga* škole sposoban razliko-
vati *puruṣu* i *prakṛti*.

U *Stavacintāmaṇi*, Nārāyaṇa Bhaṭṭa piše:

Hej, Hara, koji pjesnik osim tebe može ukinuti predstavljenu dramu triju svjetova, koja u svojoj utrobi sadrži mnoštvo sjajnih sjemenja?¹³

U prepoznavanju vlastitog Sebstva ne postoji negiranje svijeta ili pozornice na kojoj se igra (*lilā*) izvodi. Međutim, u trenutku prepoznavanja, svijet dobiva novu interpretaciju koja se naziva prepoznavanje (*pratyabhijñā*). Razlika između prisjećanja (*smṛti*) i prepoznavanja je u tome što prisjećanje zahtijeva impresije prošlog iskustva, dok prepoznavanje, uz impresije, zahtijeva prisutnost objekta čija će se prava priroda prepoznati. Kao što to Abhinavagupta kaže:

Prepoznavanje se sastoji u sjedinjavanju onoga što se nekada pojavilo s onim što se pojavljuje sada, kao u prosudbi: „Ovo je isti/taj Caitra¹⁴.“ To je spoznaja koja se odnosi na izravno prisutan objekt. On se dosiže kroz jedinstvo iskustava.¹⁵

Prvo uzmimo u obzir slučaj običnog prepoznavanja. Primjerice, mlado dijete je zbog nekog razloga odvedeno od svoje majke. Mnogo godina kasnije, proizvodom slučajnosti, ponovno se sretnu, ali majka ne shvaća da je ova nova osoba u gradu zapravo njezina kćer. Sada, kao rezultat neprekidnog pokušavanja lociranja njezine davno izgubljene kćeri, majka napokon saznaje da je nova osoba u gradu, koju je dugo vremena susretala na ulici, zapravo njezina davno izgubljena kći.

Kao što se može vidjeti iz ovog primjera, prepoznavanje je vrsta spoznaje u kojoj se prošlo iskustvo i sadašnja svijest zajedno sjedinjuju. Važno je to da se objekt ranije ne prepoznaje po onome što on zapravo jest, iako je stalno prisutan pred onim koji ga opaža. Međutim, opažatelj ne može tvrditi da on ne zna objekt. Problem je u tome što opažatelj ima parcijalno odnosno ograničeno znanje tog partikularnog objekta. Upravo se tako znanje definira u *Śivasūtrama* 1:2: „Ograničeno znanje uzrok je vezanosti (*jñānam bandhaḥ*).“ Vidjeli smo u primjeru koji sam naveo gore kako iako majka ne zna da je nova osoba u gradu njena kći, to ne znači kako ta osoba ne postoji. Ona postoji; samo što majka ne prepoznaje njezin pravi identitet.

U postuliranju *ābhāsa* teorije¹⁶ šivisti naglašavaju kako je sve, uključujući imaginaciju, snove ili percepciju zmiije umjesto užadi¹⁷ stvarno upravo zato što se po-

¹³ *visṛṣṭānekasadbījagarbhaṃ trailokyanāṭakam prastāvya hara samhartum tvattaḥ ko'nyah kaviḥ kṣamaḥ* St. Cin . v. 59.

¹⁴ *Caitra* je muško ime. nap. prev.

¹⁵ *ĪPV* comm. 1:1:1.

¹⁶ Učenjaci šivizma odbacuju nestvarnu transformaciju, to jest pojam *vivartavāda* iz škole Advaita Vedānte kao i stvarnu transformaciju po učenju Sāṃkhya, to jest *pariṇā mavā dai* postuliraju vlastitu teoriju poznatu kao *ābhāsavāda*. Prema toj teoriji, krajnji je uzrok Śivina *svātantrya śakti*; a proces kreacije opisan je u pogledu izgleda, sjaja ili manifestiranja (*ābhāsa*) svega što već postoji u vrhovnoj svijesti. Stoga, sve to što se pojavljuje bilo kao subjekt, objekt, ideja, akcija itd. nije ništa do li *ābhāsa* i sve nastaje kao refleksija u zrcalu svijesti.

¹⁷ Advaita Vedānta pogrešno znanje objašnjava postulirajući princip pogrešnog pridjeljivanja

javljuje. Iluzija koje se javlja kao rezultat percepcije zmiye umjesto užeta rezultat je neznanja. Međutim, to neznanje nije potpuno odsustvo znanja, već rezultat ograničenog znanja, kao što smo prije vidjeli. U *Tantrāloki*, Abhinavagupta objašnjava:

Pod riječju neznanje ne podrazumijeva se potpuno odsustvo neznanja jer bi se u takvom slučaju zapalo u pogrešku pretjeranog proširenja (*atiprasaṅgataḥ*), što bi značilo da je kamenje i slično također podložno selidbi duša (transmigraciji). Neznanje, kao što je to rečeno u *Śivasūtrama*, nije ništa drugo nego znanje koje ne osvjetljava spoznatljivu stvarnost u cijelosti.¹⁸

Jayaratha u svom komentaru razjašnjava kako riječ jñāna (znanje) u ovom stihu označava nepotpuno znanje (*tadyuktamuktamajnānaśabdasya apūrṇa-jñānamartha iti*). To neznanje ili ograničeno znanje rezultat je nečistoće¹⁹ (*mala*), posebno *āṇavamale*. *Āṇavamala* je inherentno odnosno urođeno neznanje koje egzistira u ograničenom spoznavajućem subjektu (*paśu* ili *aṇu*), koje je rezultat kontrakcije moći znanja i akcije. Objašnjavajući prirodu i izvor *mala*, Abhinavagupta piše:

Uzrok i karme i *male*²⁰ želja je Išvare²¹ da Sebe prikriva i zbog toga je njihovo postojanje bez početka. Prikrivanje totaliteta sastoji se u postajanju nepotpunim, a ta je nepotpunost želja da sebe ispuni putem ograničene stvarnosti. Ovo je razlog zašto se *mala* naziva željom (*lolikā*). Bez Šive, koji je neokaljan i čija je priroda autonomna svjetlost, ništa ne može postojati. Dakle, uzrok *male* je *Maheśvara*.²²

Trebalo bi uzgred spomenuti kako je razumijevanje prirode *male* i njenog uništenja jedno od glavnih točaka razilaženja između nedualističke škole kašmirskog

ili *adhyāsu*. Rezultat toga nije niti postojeći (*sat*) niti nepostojeći (*asat*). Doživljavanje zmiye umjesto užeta nije stvarno, ali se pričinjava, dakle, opisuje se kao *anirvacanīyakhyaṭi*. Vječni i nerođeni Brahman manifestira se samo kroz *māyu* koja projektira Svemir poput mađioničara. Međutim, tokom te projekcije Brahman ostaje pasivan, neuključen i nedirnut promjenom. Nestvarno je pogrešno pridjeljeno (*adhyāsa*) stvarnome kao što je to percepcija zmiye umjesto užeta koje nije zmiya (Vedāntasāra, str. 20) i to je pogrešno pridjeljivanje prividno predočeno svijesti kroz sjećanje na nešto što je već doživljeno. Taj je način pogrešnog pridjeljivanja poznat kao *avidyā* (neznanje). Kada se priroda ovog neznanja (*avidyā*) analizira s empirijskog gledišta (*vyāvahārika*) onda se opisuje kao *anirvacanīya*. *Avidyāse* opisuje kao nešto pozitivno iako nematerijalno, što ne može biti opisano kao postojanje niti nepostojanje, koje se sastoji od tri kvalitete i antagonistično je znanju (Vedāntasāra, str. 22). Kaže se kako *māyā* nije stvarna zato što nestaje pred zorom znanja, niti je nestvarna zato što njeni učinci ustraju sve dok nije uništena.

¹⁸ajñānamiti na jñānābhavaścātiprasaṅhataḥ sa hi loṣṭādike 'pyasti na ca tasyāsti samśrītiḥ ato jnepasya tattvasya sāmastyenāprathātmakam jñānameva tadanānam śivasūtreṣu bhāṣiṭam TĀ 1: 25- 26.

¹⁹U šivizmu koncept nečistoće uzrok je vezanosti. Postoje 3 male (nečistoće): *kārmamala*, *māyīyamala* and *āṇavamala*. Svaki od njih ograničava vrhovnu Svijest na poseban način i na kraju stvara ograničenu spoznaju.

²⁰Riječi *karma* i *mala* ovdje označavaju *kārma malu* i *āṇava (mala)*.

²¹Riječ *Išvara* ili *Gospodin* ovdje se odnosi na *Šivu*.

²²*Iśvarasya ca yā svātmāirodhitsā nimittatām sābhyeti karmamalayo-rato'nādivyavasthitiḥ tirodhīḥ pūrṇarūpasyāpūrṇtvaṃ tacca pūraṇam prati bhinnena bhāvena sphāto lolokā malaḥ viśuddhasvaparakāśtmaśivarūpatayā vinā na kincityujyate tena heturatra maheśvaraḥ TĀ:13: 110b - 113a.*

šivizma i dualističke Śiva Siddhānte. Prema Śiva Siddhānti, *mala* je supstanca (*dravya*) i kao takva ne može biti uništena znanjem, već samo djelovanjem, odnosno izvođenjem rituala. Nasuprot tome, prema nedualističkom šivizmu, neznanje se jedino može ukloniti ili eliminirati stjecanjem ukupnosti znanja (*pūrṇāhantā*). U Tantrasāri, Abhinavagupta objašnjava kako je znanje²³ uzrok oslobođenja (*mokṣa*) jer je oprečno neznanju koje je uzrok vezanosti.²⁴

Abhinavagupta dalje objašnjava prirodu znanja i neznanja dijeleći oboje u dvije skupine: jednu koja se nalazi u Sebstvu ili duhovno neznanje (*pauruṣājñāna*) i drugu koja prebiva u intelektu, ili intelektualno neznanje (*baudhājñāna*). *Baudhājñāna* je neznanje same prirode stvarnosti (*tattvikasvābhāvasyājñānamaniścayaḥ*) i pogrešan je koncept Sebstva kao ne-sebe (*viparītaniścayaḥ*). To će reći da ograničen spoznavajući subjekt pogrešno shvaća Sebstvo kao da je tijelo, intelekt, *prāṇa*²⁵ ili *śūnya*.²⁶ S druge strane, *pauruṣājñāna* je neznanje koje se naziva i *āṇavamala*, koju smo pak ranije opisali. Abhinavagupta objašnjava:

Pauruṣājñāna naziva se *mala*. Ono (duhovno neznanje) se rađa iz nje (nečistoće), no njena je priroda opstrukcija prave Šivine prirode koja se sastoji od potpune slobode znanja i djelovanja, te je obrnuto karakterizirana kontrahiranim znanjem i djelovanjem. Takvo neznanje ograničenog sebe ne pripada u domenu diferenciranog znanja i nije dio intelekta (*buddhi*), zbog nedostatka određenosti (*adhyavasāya*) itd.²⁷

Pauruṣājñāna i *baudhājñāna* hrane jedno drugo. Kada određena misao (*adhyavasāya*) „Ja to znam na ovaj način“ nastaje kao rezultat refleksije svjetlosti Sebstva u vezanoj duši, zastrto s pet koprena (*kañcuka-s*)²⁸ (ograničeno djelovanje, ograničeno znanje, želja, vrijeme, kauzalnost) tada to znanje koje nastaje jest neznanje koje počiva u intelektu.²⁹ Prema Abhinavagupti, *pauruṣājñāna* se može ukloniti putem inicijacije (*dīkṣā*), dok se *baudhājñāna* ne može. Inicijacija u pogledu *baudhājñāne* nije moguća, budući da je taj tip neznanja karakteriziran neodlučnim znanjem (*anandhyavasāya*). S druge strane, inicijacija je rezultat odlučnog uvjerenja koja će učenja biti uvažena, a koja mimoideña (*heyopadeya*).

²³Ovdje je znanje definirano kao u formi manifestacije ili otkrivanja punine svijesti (*pūrṇa-prathārupam*) (Vidi TS. str. 2).

²⁴Isto, TS. str. 2

²⁵Prāṇa označava dah odnosno vitalnu energiju. nap. prev.

²⁶Śūnya je praznina. nap. prev.

²⁷Tatra puṁso yadalnānam malākhyam tajjamapyaya svapūrṇacitkriyārūpaśivatāvaranātmakam samkocidīkkriyārūpam tatpaśoravikalpītam tadajñānam na buddhyamśo 'dhyavasāyādyabhāvataḥ TĀ 1:37-8.

²⁸Koprene stvarā māyā ili limitirajuća moć vrhovne svijesti. Ova limitacija, koja je rezultat Šivine slobodne volje (svāntarya), reducira vrhovnu svijest na svijest ograničeno spoznavajućeg subjekta.

²⁹TĀ 1: 39-40.

Poput neznanja, znanje se dijeli u dva tipa koji nose jednake nazive, drugim riječima, duhovno (*pauruṣājñāna*) i intelektualno znanje (*baudhājñāna*³⁰). U ovom slučaju *pauruṣājñāna* i *baudhājñāna* također hrane jedno drugo. Duhovno je znanje tip znanja u kojem se *vikalpa*³¹ stopila u stanje koje je bez *vikalpa* (*nirvikalpa*) i potpunost apsolutne svijesti sjaji u svojoj cjelokupnosti. Ovaj tip znanja pruža ispravno razumijevanje svih stvari u svakom pogledu, a može se postići samo proučavanjem *śāstri*.³² Važnost proučavanja spisa popraćenog praksom koja se temelji na *dikṣi*, kao što je to shvaćeno kod Abhinavagupte, dalje će se utvrditi iz sljedećih stihova TĀ 1:41-5116:³³

41. Duhovno znanje (*pauruṣājñāna*) lišeno misaonih konstrukcija je potpuno znanje (*parāhantā vimarśātmakam jñānam*) koje se razvija nakon što impresije ograničenog stanja (*paśusaṃskāra*) oslabe, a ograničeno ja vraća se u svoje izvorno stanje

(*prāptaparamacidaikātmyasya*).

42. Prosvjetljujući uvid koji se razvija u harmoniji s potpunim znanjem lišen *vikalpi* intelektualno je znanje. Kao što je spomenuto gore ova dva tipa znanja hrane jedno drugo.

43. Iako se duhovno neznanje može ukloniti putem inicijacije, ipak se du-

³⁰14 TS str. 3.

³¹Vikalpa ili misaona konstrukcija je konačni i najgrublji rezultat percepcije, koja u konačnoj analizi prema ovom sistemu je rezultat vezanosti.

³²TS. str. 3. Za āgamu se kaže kako je sadržana u čistoj samosvijesti i zato je urođeni aspekt svijesti. U TPV 2:3: 1-2, Abhinavagupta āgamu definira kao unutarnju aktivnost vrhovnog Boga koji nije ništa drugo do svijesti same (cit). Ona je unutarnji glas na najsuptilnijoj (parā) razini govora koju zatim izražava onaj koji postigne to stanje kada se spusti na razinu običnog govora (vaikharī). Stoga, āgama nije ništa do li čvrste odlučne misli o iskustvu parā. Zbirka riječi koja ju sačinjava sekundarno se naziva āgama jer je ključna u pobuđivanju takvih misli. Nadalje, za āgamu se kaže kako je sadržana unutar nediferencirane svijesti, te se eksternalizira u više formi na razini vaikharī i pomaže dovoditi um onoga koji vježba natrag u svoj izvor. U svome komentaru na Bhagavadgītu 17: 1-2, Abhinavagupta opisuje śāstru kao samu prirodu najvišeg Brahmana koji egzistira u Vlastitoj suštinskoj prirodi kao parā vāk koji je stanje čiste vimarśe (samorefleksije, nap. prev.). Tada, zbog vlastite slobode (svāntarya), parā vāk eksternalizira samoga sebe iznutra, počevši od najsuptilnijeg aspekta prañave i postepeno poprima formu grubog govora, kao što su različita popularna učenja.

³³kṣiṇetu paśusaṃskāre puṃsah prāptaparasthiteḥ vikasvaram tadvijñānam pauruṣam nirvikalpakam vikasvarāvikalpātmājñānaucityena yāvāsā tadbauddham yasya tatpamuṣnam prāgvatpoṣyam ca poṣṭṛ tatra dīkṣādīnā pauṃsnamājñānam dhvaṃsi yadyapi tathāpi taccharīrānte tajjñānam yajyate sphuṭam bauddhājñāna tu yadā bauddhājñānjrmbhitam vilīyate tadā jīvanmukhtiḥ karatale sthithā dīkṣāpi bauddhājñānapūrvā satyam vimocikā tenā tatrāpi bauddhasya jñānasyāsti pradhānatā jñānājñānagatam caitaddvitvam svāyambhuvē rurau || mataṅgādau kṛtam śrīmatkheṭapālādīdaiśīkaiḥ tathāvidhāvasāyātmabauddhāvijñānasampade| śāstrameva pradhānam yajjñeyatattva-pradarśakam || dīkṣāyā galite'pyantarājñāne pauruṣatmani| dhīgatasyānivṛttatvādvikalpo'pi hi sambhāvēta dehasadbhāvaparyantamātmabhāvo yato dhiyī| dehānte'pi na mokṣaḥ syāt-pauruṣājñānahānītaḥ || bauddhājñānanivṛtau tu vakalponmūlanātdhruvam| tadaiva mokṣa ityuktam dhātrā śrīmannīsāṭane || vikalpayuktacittastu piṇḍapātācchivam vrajet itastu tadaiveti śāstrasyātra pradhānataḥ ||

hovno znanje očituje jasno tek nakon što se napusti tijelo.

44. Kada, s druge strane, prostiranje intelektualnog neznanja nestane kao rezultat intelektualnog znanja, tada se oslobođenje takoreći nalazi na dlanu.

Jayaratha u svom komentaru objašnjava kako intelektualno znanje (*baudhājñāna*) označava učenje svetih spisa (*śāstra*) nedualističkog šivizma.

45. Inicijacija, sa svoje strane, postaje oslobađajuća samo ako joj prethodi jasno razumijevanje *śāstri*. Dakle, čak je i u ovom slučaju intelektualno znanje dominantan element.

46. O ova dva tipa *baudhe* i *pauruše*, znanja i neznanja, raspravljali su mnogi učitelji. Među njima prvi je bio Kheṭapāla [koji je diskutirao ove teme] u svojim komentarima na *Svāyambhuvāgama*, *Rauravāgama*, *Matangatantra* i druge tekstove.

47. Glavni element pomoću kojeg se postiže bogatstvo intelektualnog razumijevanja, koje posjeduje oslobađajući uvid, su sveti spisi (*śāstre*) koje rasvjetljavaju stvarnost svega onoga što je moguće znati.

48. Čak i kada je putem inicijacije inherentni duhovni tip neznanja uklonjen, ipak utisak dualizma (*vikalpa*) koji prebiva u intelektu i dalje može postojati.

49. Sve dok prebiva u tijelu, čovjek je navikao pripisivati intelektu kvalitete Sebsta, ali ne više nakon što tijelo prestane postojati. Stoga, [rečeno je da] čovjek biva oslobođen kada se ukloni duhovno neznanje.

50/1. S druge strane, oslobođenje neposredno slijedi čim nestane intelektualno neznanje jer je utisak dualizma u potpunosti iskorijenjen. To je naveo sam stvoritelj u slavnom *Niśātanatantra*: „Onaj čijim umom dominira dualizam (*vikalpa*) doseže *mokṣu* (oslobođenje) tek nakon što napusti tijelo. S druge strane, onaj koji je lišen dualističkih misli [doseže *mokṣu*] dok još uvijek prebiva u tijelu. Tako su *śāstre* čak i u ovom slučaju od iznimne važnosti.“

Tako Abhinavagupta jasno kaže da u procesu samospoznaje postoji međuovisnost duhovnog i intelektualnog znanja. On objašnjava kako je nepotpuno znanje (*apūrṇa jñāna*) uzrok neznanja, koje je pak temeljni uzrok svjetovnog postojanja. Duhovno neznanje nestaje kada se primi inicijacija, ali zbog kontinuiranog postojanja u tijelu pojam dualnosti opstaje. Glavni uzrok tome je *kārma mala*, što označava impresije prijašnjih djela koja su počela djelovati s tijelom. Znanje stečeno svetim spisima važno je i prije i nakon inicijacije. Abhinavagupta objašnjava u stihu 1:45 kako inicijacija ima moć oslobađanja samo ako se temelji na znanju spisa. Međutim, u ovom trenutku to je vrsta diskriminativnog znanja na temelju kojeg se prepoznaje superiornost Šiva *śāstri* u odnosu na druge spise. Nakon inicijacije, stječe se sposobnost za proučavanje šivističkih tekstova, koji zauzvrat uklanjaju misaone konstrukcije, temeljni uzrok postojanja u svijetu.

Literatura

- [1] Abhinavagupta's Commentary on the Bhagavad Gītā. Boris Marjanovic, trans. Varanasi: Indica Books, 2002.
- [2] Īśvarapratyabhijnāvimarśini of Abhinavagupta. K.C. Pandey, trans. Delhi: Motilal Banarsidass, 1954.
- [3] Tantrāloka of Abhinavagupta with Rājānaka Jayaratha's commentary. 12 vols. Srinagar and Bombay: 1918-1938. KSTS.
- [4] Tantrasāra of Abhinavagupta Bombay: 1918. KSTS No. 17.
- [5] Śivasūtra of Vasugupta. Jaideva Singh, trans. Delhi: Motilal Banarsidass, 1979.
- [6] Śivadṛṣṭi of Somānanda with Utpaladeva's Vṛtti. Srinagar: 1934. KSTS No. 54.
- [7] Stavacintāmaṇi of Nārāyaṇabhaṭṭa with the commentary by Kṣemarāja. M.R. Shastri, ed. KSTS Nos. 10, 1918.

Klasici filozofije: Nauka logike

==== Georg Wilhelm Friedrich Hegel ====

Prvi odsek

ODREĐENOST (KVALITET)

Biće je ono neposredno koje je neodređeno; ono je bez određenosti prema suštini, kao što je još bez određenosti koju može dobiti unutar sama sebe. To nerefleksiono biće jeste biće kakvo je ono neposredno jedino samo po sebi. Pošto je neodređeno, ono je biće bez kvaliteta; ali po sebi njemu pripada karakter neodređenosti samo u suprotnosti prema onome što je određeno ili kvalitativno. Međutim, nasuprot biću uopšte stupa određeno biće kao takvo, ali time sama njegoa neodređenost sačinjava njegov kvalitet. Stoga će se pokazati da prvo biće jeste po sebi određeno, a time na drugome mestu, da ono prelazi u postojanje (tubiće), da jeste postojanje; a pošto se ovo kao konačno biće prevazilazi prelazeći u beskonačni odnos bića prema samom sebi, to na trećem mestu, ono prelazi u biće za sebe.

Prva glava

A. Biće

Biće, čisto biće, — bez ikakve druge odredbe. U svojoj neodređenoj neposrednosti je ono jednako jedino samom sebi, a takođe nije nejednako u odnosu na drugo, nema nikakve raznolikosti unutar sebe, niti vani. Blagodareći ma kojoj odredbi ili sadržini koja bi se u njemu nalazila, ili kojom bi ono bilo postavljeno kao različito od nečega drugog, čisto biće se ne bi održalo u svojoj čistoti. Ono je čista neodređenost i praznina. — U njemu se ništa ne može opaziti, ako se tu može govoriti o opažanju; ili ono jeste jedino samo to čisto, prazno opažanje. Isto se tako u njemu ne može zamisliti, nešto, ili ono isto tako jeste samo to prazno mišljenje. Biće, to neodređeno neposredno, jeste u stvari ništa, i ni više ni manje nego ništa.

B. Ništa

Ništa, čisto ništa; ono je prosta jednakost sa samim sobom, savršena praznina, bez odredbe i bez sadržaja; nerazličitost u samom sebi. — Ukoliko se ovde mogu spomesnuti opažanje ili mišljenje, utoliko važi kao neka razlika to da li se opaža ili misli nešto ili ništa. Dakle, opažati ili misliti ništa ima neko značenje; to dvoje se razlikuje, na taj način u našem opažanju ili mišljenju jeste (egzistira) ništa; ili, štaviše, ono jeste samo prazno opažanje i mišljenje, i isto prazno opažanje ili mišljenje kao čisto biće. — Prema tome, ništa je ista odredba ili štaviše bezodredbenost, a time je uopšte isto što i čisto biće.

C. Bivanje

1. Jedinstvo bića i ničega

Čisto biće i čisto ništa jesu, prema tome, isto. Ono što je istina, to nije ni biće ni ništa, već to da je biće prešlo — ne da prelazi — u ništa i ništa u biće. Ali isto tako istina nije ni njihova nerazličitost nego to da oni nisu isto, da su apsolutno različiti, ali su isto tako neodvojeni i neodvojivi, i svaki neposredno iščezava u svojoj suprotnosti. Prema tome, njihova je istina ovo kretanje neposrednog iščezavanja jednoga u drugome: bivanje; kretanje, u kome se oboje razlikuju, ali jednom razlikom koja se isto tako neposredno prevazišla.

Napomena 1.

Ništa se obično suprotstavlja nečemu; ali nešto je već jedno određeno bivstvujuće, koje se razlikuje u odnosu na drugo nešto; tako, dakle, i ono ništa koje je suprotstavljeno nečemu, ništa bilo kojeg nečega, jeste jedno određeno ništa. Međutim, ovde treba ništa uzeti u njegovoj neodređenoj jednostavnosti. — Ako bi neko smatrao pravilnijim da se biću suprotstavi nebiće umesto ništa, protiv toga se, s obzirom na rezultat, ne bi moglo imati ništa, jer je u nebiću sadržan odnos prema biću; ono je oboje, biće i njegova negacija, izraženi u jednome, ništa, kakvo se nalazi u bivanju. Ali, pre svega, ne radi se o formi suprotstavljanja, to jest u isto vreme odnosa, već o apstraktnoj, neposrednoj negaciji, o onom ništa čisto za sebe, o odricanju lišenom odnosa, — o onome što bi se, ako se želi, moglo izraziti i prostim: ne. Prostu misao o čistome biću izrazili su prvo eleačani, naročito Parmenid, kao ono što je apsolutno i kao jedinu istinu, i u svojim fragmentima koji su sačuvani on ju je izrazio sa čistim oduševljenjem mišljenja koje prvi put shvata sebe

u svojoj apsolutnoj apstraktnosti: samo biće postoji, a ništa apsolutno ne postoji. — Kao što je poznato, u istočnjačkim sistemima, naročito u budizmu, ništa, ono prazno, jeste apsolutni princip. — Nasuprot toj jednostavnoj i jednostranoj apstrakciji, dubokoumni Heraklit je istakao viši, totalni pojam bivanja i rekao je: Biće isto tako malo postoji kao i ništa, ili takođe: sve teče, što znači: sve je bivanje. — Popularne izreke, naročito istočnjačke, da sve što postoji ima već u svome začetku klicu svoga propadanja, dok smrt, obrnuto, predstavlja ulaz u novi život, izražavaju u osnovi isto sjedinjavanje bića i ničega. Ali ovi izrazi imaju neki supstrat na kome se dešava to prelaženje; biće i ništa razdvajaju se u vremenu, predstavljaju se u njemu kao momenti koji se smenjuju, ali se ne zamišljaju u njihovoj apstrakciji, pa otuda ni tako da su po sebi i za sebe isto. Ex nihilo nihil fit – jeste jedan od onih stavova kojima je u metafizici bio pripisivan veliki značaj. U tome stavu ili treba videti samo praznu tautologiju: ništa je ništa; ili, ako bi u njemu bivanje trebalo da ima stvarno značenje, onda, naprotiv, pošto iz ničega postaje samo ništa, u njemu u stvari ne postoji bivanje, jer u njemu ništa ostaje ništa. Bivanje sadrži u sebi to da ništa ne ostaje ništa, već da prelazi u svoje drugo, u biće. – Kada je docnija metafizika, naročito hrišćanska, odbacila stav: iz ničega ne postaje ništa, ona je onda tvrdila da postoji neki prelaz iz ničega u biće; ma kako da je ona taj stav uzimala sintetički ili prosto predstavno, ipak se čak u najnesavršenijem sjedinjenju nalazi jedna tačka u kojoj se biće i ništa podudaraju i njihova različitost iščezava. — Stav: Iz ničega ne postaje ništa, ništa jeste upravo ništa, ima svoj pravi značaj na osnovu svoje suprotnosti prema bivanju uopšte, a time i prema stvaranju sveta iz ničega. Oni koji zastupaju stav: Ništa jeste upravo ništa, i koji se njime čak oduševljavaju, nisu svesni toga da time povlađuju apstraktnom panteizmu eleaćana, a takođe po samoj stvari i spinozističkom panteizmu. Ono filozofsko shvatanje za koje važi princip: »Biće je samo biće, ništa je samo ništa«, zaslužuje da se zove sistem identiteta; taj apstraktni identitet jeste suština panteizma. Ako rezultat, po kome su biće i ništa isto, začuđuje ili izgleda paradoksan, onda na to ne treba dalje obraćati pažnju; naprotiv trebalo bi se čuditi onom čudenju koje se u filozofiji pokazuje tako novim i koje zaboravlja da se u toj nauci javljaju sasvim drukčije odredbe nego u običnoj svesti i u takozvanom običnom ljudskom razumu, koji zapravo nije zdrav razum, već razum koji je takođe odnegovan za apstrakcije i za veru ili čak za praznoverje u apstrakcije. Ne bi bilo teško pokazati ovo jedinstvo bića i ničega u svakome primeru, u svakom stvarnom ili svakoj misli. Ono isto što je gore rečeno o neposrednosti i posredovanju (od kojih ovo poslednje sadrži u sebi neki odnos jednog prema drugome, a time sa njime negaciju), to isto mora se reći o biću i ničemu: da nigde na nebu ni na zemlji ne

postoji nešto što u sebi ne bi sadržavalo oboje, biće i ništa. Naravno, pošto je ovde reč ma o kojem nečemu i stvarnome, to u njima ne postoje više one odredbe u savršenoj neistinitosti u kojoj se nalaze kao biće i ništa, već u jednoj široj odredbi i shvataju se, na primer, kao pozitivno i negativno, ono je postavljeno, reflektovano biće a ovo je postavljeno, reflektovano ništa; ali pozitivno i negativno sadrže kao svoju apstraktnu osnovu: ono prvo — biće, a ovo drugo — ništa. — Tako u samom bogu kvalitet, delotvornost, stvaranje, moć itd. sadrže suštinski odredbu onoga što je negativno, — oni se sastoje u proizvođenju nečeg drugog. Ali, bilo bi sasvim izlišno da se ovde ono tvrđenje objašnjava empirički, pomoću primera. Pošto od sada ovo jedinstvo bića i ničega leži jednom za svagda u osnovi kao prva istina, sačinjavajući elemenat svega što sledi, to kao primeri toga jedinstva služe, osim bivanja, sve dalje logičke odredbe: postojanje, kvalitet, uopšte svi filozofski pojmovi. Ali, neka takozvani obični ili zdravi ljudski razum, ukoliko odbacuje nerazdvojnost bića i ničega, pokuša da pronađe neki primer u kome bi se pokazalo da je ono jedno odvojeno od onog drugog (nešto od granice, međe, ili ono beskonačno, bog, kao što je upravo spomenuto, od delotvornosti). Jedino prazne zamisli, samo biće i ništa jesu tako nešto odvojeno, a upravo njih onaj razum pretpostavlja istini, koja se svuda nalazi pred nama, nerazdvojnosti jednoga i drugoga. Ne možemo imati nameru da sa svih strana predupređujemo one pometnije u koje pri takvom jednom logičkom stavu zapada obična svest, jer one su neiscrpne. Samo neke od njih mogu se spomenuti. Jedan je od razloga takve pometnije između ostaloga, to što svest uz takav jedan apstraktni logički stav donosi sa sobom predstave o nekom konkretnom nečemu, zaboravljajući da nije reč o takvom nečemu, već jedino o čistim apstrakcijama bića i ničega, i da jedino njih treba imati u vidu. Biće i nebiće jesu isto; prema tome, jedno isto je da li ja postojim ili ne postojim, da li ova kuća postoji ili ne postoji, da li su ovih sto talira moja imovina ili ne. — Ovaj zaključak ili primena onoga stava potpuno menja njegov smisao. Taj stav sadrži u sebi čiste apstrakcije bića i ničega; međutim, ona primena pravi od njih jedno određeno biće i određeno ništa. Ali, kao što je rečeno, ovde nije reč o određenome biću. Određeno, konačno biće jeste takvo, koje se odnosi prema drugom biću; ono je sadržina koja stoji u odnosu nužnosti sa drugom sadržinom, sa celim svetom. S obzirom na uzajamno određujuću povezanost celine metafizika je mogla da postavi tvrđenje — u osnovi tautološko — da bi se celi univerzum srušio kada bi bila razorena jedna trunčica prašine. U primerima koji se navode protiv stava o kome je ovde reč, proizlazi da nije svejedno da li nešto postoji ili ne postoji, ne zbog bića ili nebića, već zbog njegove sadržine, koja ga povezuje sa drugim. Ako se pretpostavi neka određena sadržina, ma koje određeno postojanje, onda se to postojanje, zato

što je određeno, nalazi u raznovrsnim odnosima sa drugom sadržinom; za njega nije svejedno da li izvesna druga sadržina sa kojom ono stoji u odnosu postoji ili ne postoji; jer samo blagodareći takvom odnosu je ono suštinski to što jeste. Isti slučaj imamo u predstavljanju (pošto tu uzimamo nebiće u određenijem smislu predstavljanja nasuprot stvarnosti), u čijoj povezanosti nisu ravnodušni biće ili odsustvo jedne sadržine, koja se kao određena predstavlja u odnosu sa drugom. (...)

Napomena 2.

Može se navesti još jedan drugi razlog koji doprinosi odvratnosti prema stavu o biću i ničemu; taj se razlog sastoji u tome što je rezultat koji proizlazi iz razmatranja bića i ničega nesavršeno izražen stavom: Biće i ništa jesu jedno i isto. Akcenat se stavlja prvenstveno na ono biti — jedno — i — isto, kao uopšte u sudu, u kome tek predikat izražava ono što subjekat jeste. Otuda izgleda da je smisao u tome da se opovrgava razlika, koja se ipak u isto vreme u stavu neposredno javlja; jer on izražava obe odredbe, biće i ništa, i sadrži ih u sebi kao različite. — U isto vreme ne može se misliti da se od njih apstrahuje, a da se zadrži samo jedinstvo. Taj bi se smisao pokazao sam od sebe kao jednostran, pošto se ono od čega treba apstrahovati ipak nalazi i označava u tom stavu. — Ukoliko pak stav: Biće i ništa jesu isto izražava identitet tih odredaba, ali ih u stvari isto tako obe sadrži u sebi kao različite, utoliko on sam u sebi protivreči sebi i ukida se. Ako to bliže fiksiramo, onda je tu postavljen jedan stav koji, bliže razmotren, ima tendenciju da iščezne sam od sebe. Ali time se na njemu samom dešava ono što treba da sačinjava njegovu sadržinu, naime bivanje. Prema tome, taj stav sadrži u sebi taj rezultat, on je sam po sebi taj rezultat. Međutim, ona okolnost na koju ovde treba skrenuti pažnju jeste nedostatak što sam rezultat nije izražen u stavu; ono što ga u njemu saznaje jeste neka spoljašnja refleksija. — O tome se odmah u početku mora učiniti ova opšta napomena: stav u formi suda nije podesan da izražava spekulativne istine; poznavanje ove okolnosti bilo bi podesno da se otklone mnoga pogrešna shvatanja spekulativnih istina. Sud jeste identičan odnos između subjekta i predikata, pri čemu se apstrahuje od toga što subjekat poseduje još više odredaba pored odredbe predikata, kao i od toga što je predikat po obimu širi od subjekta. Ako je pak sadržina spekulativna, onda i ono neidentično subjekta i predikata jeste suštinski moment, ali ono u sudu nije izraženo. Paradokсна i bizarna svetlost, u kojoj se mnogošta iz novije filozofije pokazuje onima koji nisu dobro upoznati sa spekulativnim mišljenjem, raznoliko se upliće u formu prostoga suda kada se ona upotrebi za iz-

ražavanje spekulativnih rezultata. Da bi se izrazila spekulativna istina spomenuti se nedostatak nadoknađuje pre svega na taj način što se dodaje suprotni stav: Biće i ništa nisu isto, koji je gore isto tako iskazan. Ali nastaje drugi nedostatak — ti stavovi su nepovezani, te dakle sadržinu izlažu samo u antinomiji, dok se ipak njihova sadržina odnosi na jedno isto, pa one odredbe koje su izražene u ta dva stava treba apsolutno da se ujedine, — ujedinenje koje potom može da se iskaže samo kao neki nemir onih koji se u isto vreme ne podnose, kao neko kretanje. Najčešća nepravda koja se nanosi spekulativnoj sadržini sastoji se u tome što se ona učini jednostranom, to jest što se ističe samo jedan od onih stavova u koje se ona može razlučiti. Tada se ne može osporavati pravo da se taj stav tvrdi; ma koliko da je taj iskaz pravilan, on je isto toliko lažan, jer kad se jednom iz onoga što je spekulativno uzme jedan stav, onda se bar isto tako morao uzeti u obzir i navesti onaj drugi stav. — Pri tome treba još naročito spomenuti ovu tako reći nesrećnu reč: jedinstvo; jedinstvo označuje neku subjektivnu refleksiju još više nego što to čini identitet; ono se shvata poglavito kao onaj odnos koji potiče iz upoređivanja, iz spoljašnje refleksije. Ukoliko spoljašnja refleksija nalazi u dva različna predmeta isto, utoliko postoji jedno jedinstvo, na taj način što se pri tom pretpostavlja da su predmeti koji se upoređuju potpuno ravnodušni prema tome jedinstvu, tako da se to upoređivanje i to jedinstvo uopšte ne tiču samih predmeta, predstavljajući jedno delanje i određivanje koje je za njih spoljašnje. Otuda to jedinstvo izražava potpuno apstraktnu istovetnost i glasi utoliko grublje i čudnije ukoliko se predmeti o kojima se ono iskazuje pokazuju kao apsolutno različni. Stoga bi umesto jedinstvo utoliko bolje bilo reći samo neodvojenost i neodvojivost; ali time nije izraženo ono što je afirmativno u odnosu celine. Tako celokupni istiniti rezultat koji se ovde pokazao jeste bivanje, koje ne predstavlja samo jednostrano ili apstraktno jedinstvo bića i ničega. Nego se bivanje sastoji u tome kretanju, što je čisto biće neposredno i prosto, što je ono zbog toga isto tako čisto ništa, što njihova razlika postoji, ali se isto tako prevazilazi i ne postoji. Prema tome, u rezultatu se isto tako tvrdi razlika bića i ničega, ali kao razlika koja je samo zamišljena. Zamišlja se da je biće štaviše ono apsolutno drugo nego što je ništa, i od njihove apsolutne razlike ništa nije jasnije i, kako izgleda, ništa nije lakše od mogućnosti da se ta razlika pokaže. Međutim, isto je tako lako uveriti se da je to nemoguće, da se ta razlika ne može iskazati. Oni koji žele da ostanu pri razlici između bića i ničega neka pokušaju da pokažu u čemu se ta razlika sastoji. Kada bi biće i ništa imali ma koju određenost kojom bi se razlikovali, onda bi oni, kao što je napomenuto, predstavljali određeno biće i određeno ništa, a ne čisto biće i čisto ništa, kao što oni to ovde još jesu. Otuda je njihova razlika potpuno prazna, svako od njih dvoje jeste

na isti način ono neodređeno; ona se stoga ne nalazi na njima samima, već samo u nečem trećem, u mnjenju. Međutim, mnjenje je jedna forma onoga što je subjektivno, što ne spada u ovu vrstu izlaganja. Ono pak treće u kome postoje biće i ništa mora ovde takođe da se pojavi; a ono se tu i pojavilo, to je bivanje. U bivanju se biće i ništa nalaze kao različni; bivanje postoji samo ukoliko su biće i ništa različni. To treće jeste nešto drugo nego što su biće i ništa; — oni postoje samo u nečemu drugome, što znači isto tako da oni ne postoje za sebe. Bivanje je postojanje bića isto tako kao i nebića; ili njihovo postojanje jeste samo njihovo biće u jednome; upravo to njihovo postojanje jeste ono što isto tako njihovu razliku prevazilazi. Zahtev da se naznači razlika između bića i ničega obuhvata u sebi i zahtev da se kaže u čemu se zapravo sastoji biće i ništa. Neka oni koji se protive tome da ono jedno i ono drugo saznaju samo kao prelaženje jednoga u drugo, i koji o biću i o ničemu tvrde ovo ili ono, navedu o čemu govore, to jest neka postave neku definiciju o biću i ničemu i neka dokažu da je ona tačna. Sve dok ne ispune taj prvi zahtev stare nauke, čija logička pravila oni inače priznaju i primenjuju, sva ona tvrđenja o biću i ničemu jesu samo uveravanja, bez naučne vrednosti. Kada se ranije tvrdilo da egzistencija, ukoliko se najpre smatra jednoznačnom sa bićem, predstavlja dopunu za mogućnost, onda je time pretpostavljena jedna druga odredba, mogućnost, a biće nije izraženo u njegovoj neposrednosti, već kao ne-samostalno, kao uslovljeno. Za ono biće koje je posredovano zadržaćemo izraz: egzistencija. Međutim, ljudi svakako predstavljaju biće — recimo, u slici čiste svetlosti, kao jasnost nepomućenog viđenja, a ništa kao čistu noć pa njihovu razliku povezuju sa tom dobro poznatom čulnom razlikom. U stvari, pak, ako se i to viđenje tačnije predstavi, onda se lako može primetiti da se u apsolutnoj jasnosti vidi ništa manje i ništa više nego u apsolutnoj pomrčini, da je jedno viđenje isto tako čisto viđenje kao i ono drugo, viđenje ničega. Čista svetlost i čista pomrčina jesu dve praznine koje znače isto. Tek u određenoj svetlosti — a tu svetlost određuje mrak — dakle u pomućenoj svetlosti, isto tako tek u određenoj pomrčini — a tu pomrčinu određuje svetlost, — u osvetljenoj pomrčini može se nešto razlikovati jer tek pomućena svetlost i osvetljena pomrčina poseduju na samima sebi razliku, pa time predstavljaju određeno biće, postojanje.

Napomena 3.

Jedinstvo čiji momenti, biće i ništa, postoje kao neodvojivi jeste u isto vreme od njih samih različno, a tako je nasuprot njima jedno treće, koje u svojoj najsvojstvenijoj formi jeste bivanje. Prelaženje je isto što i bivanje, samo što se u prelaže-

nju bića i ništa, koji od jednoga prelaze k drugome, više zamišljaju kao da miruju jedno izvan drugog, a prelaženje kao nešto što se dešava između njih. Kada se i čim se povede reč o biću ili o ničemu, to treće mora biti tu; jer biće i ništa ne postoje za sebe, već se nalaze samo u bivanju, u tome trećem. Ali to treće ima raznolike empiričke oblike, koje apstrakcija ostavlja na stranu ili zanemaruje, da bi one svoje proizvode, biće i ništa, zadržala svako za sebe i pokazala ih kao zaštićene od prelaženja. Protiv takvog jednostavnog ponašanja apstrakcije treba isto tako jednostavno podsetiti samo na onu empiričku egzistenciju u kojoj sama ona apstrakcija jeste samo nešto, ima neko postojanje. Ili su inače forme refleksije te kojima treba da se fiksira odvojenost onih koji su neodvojivi. Na takvoj odredbi nalazi se po sebi i za sebe njena vlastita suprotnost, i ne vraćajući se na prirodu stvari niti apelujući na nju ona se odredba refleksije može objasniti po sebi samoj time što će se uzeti onakva kakva je i što će se na njoj samoj pokazati njeno drugo. Bio bi to uzaludan posao kada bi neko hteo da takoreći pohvata sve obrte i dosetke refleksije i njenog rezonovanja, da bismo joj oduzeli i onemogućili izlaze i odstupanja kojima ona prikriva sebi svoju protivrečnost prema samoj sebi. Zbog toga ću se takođe uzdržati od toga da se obazirem na one razne takozvane zamerke i opovrgavanja koji su izneti protiv tvrđenja da ni biće ni ništa nisu nešto istinito, već da je njihova istina samo bivanje; ono obrazovanje misli, koje je potrebno da bi se uvidela ništavnost tih opovrgavanja ili čak da bi svako sam sebi izbio iz glave takve pomisli, postiže se samo kritičkim saznanjem razumskih formi; međutim, oni koji najviše obiluju u takvim zamerkama odmah obasipaju svojim refleksijama prve stavove, mada se nisu potrudili niti se trude da dubljim proučavanjem logike postanu svesni prirode tih nategnutih refleksija. Treba razmotriti nekoliko pojava koje proizlaze iz pretpostavke da su biće i ništa izolovani jedno od drugoga i da se jedno postavlja izvan područja drugoga, tako da je time prelaženje negirano. Parmenid je zadržao biće i bio je najdosledniji kada je u isto vreme rekao za ništa da ono uopšte ne postoji; jedino biće postoji. Biće tako sasvim za sebe jeste ono što je neodređeno, dakle, nema nikakvog odnosa prema drugom; stoga se čini da se, polazeći od toga početka, ne može dalje ići napred, naime iz njega samog, te da se neko napredovanje može desiti samo time što bi se na nj nadovezalo spolja nešto tuđe. Napredak, po kome je biće isto što ništa, pokazuje se, prema tome, kao drugi, apsolutni početak, — neko prelaženje koje postoji za sebe i koje pridolazi biću spolja. Biće uopšte ne bi predstavljalo apsolutni početak kada bi imalo neku određenost; u tom slučaju ono bi zavisilo od nečega drugog i ne bi bilo neposredno, ne bi bilo početak. Ali, ako je neodređeno i time pravi početak, onda ono takođe nema ničega čime bi prešlo ka nečemu drugom, ono je tada u isto vreme kraj. Isto

tako nije moguće da iz njega nešto proizađe, kao što ništa ne može u nj da uđe; ni kod Parmenida ni kod Spinoze ne može se od bića ili od apsolutne supstancije poći napred ka onome što je negativno, konačno. Ako se, međutim, ipak pođe napred, što, kao što je primećeno, polazeći od bića koje nema odnosa, pa dakle ni napretka, može da se desi samo na spljašnji način, onda je to napredovanje jedan drugi, novi početak. Takav je Fihteov najapsolutniji, bezuslovni osnovni stav: Postavljanje $A = A$; drugi osnovni stav jeste protivstavljanje; taj drugi treba da je delimice uslovljen, delimice bezuslovan (prema tome protivrečnost u sebi). To je jedno napredovanje spoljašnje refleksije koje isto tako ponovo odriče ono čime počinje kao nečim što je apsolutno — protivstavljanje je negacija prvog identiteta, — kao što ono odmah svoje drugo neuslovljeno pretvara izričito ujedno u nešto uslovljeno. Ali, ako bi uopšte bilo opravdano da se ide napred, to jest da se prevaziđe prvi početak, onda bi se u samom tom prvome moralo nalaziti to da bi se nešto drugo moglo odnositi prema njemu; ono bi, dakle, moralo biti nešto određeno. Ali kao takvo nešto ne pokazuje se biće, a takođe ni apsolutna supstancija; naprotiv. To prvo jeste ono što je neposredno, ono što je još apsolutno neodređeno. Najrečitije, možda zaboravljene opise o nemogućnosti da se od nečega što je apstraktno dođe do nečega udaljenijeg i do njihovog ujedinjenja dao je Jakobi u interesu svoje polemike protiv Kantove sinteze samosvesti a priori u svojoj raspravi o poduhvatu kriticizma da urazumi um (Jac. Werke III Bd.). Jakobi postavlja zadatak (str. 113) tako da se u jednome od čistih elemenata pokaže postanak ili proizvođenje neke sinteze, bilo u čistom elementu svesti, prostora ili vremena. »Neka je prostor jedno, neka je vreme jedno, svest neka je jedno, ... Pa kazujte sada kako se za vas svako od to troje jednih čisto u samom sebi umnogostručava, ... svako je samo ono jedno i nikakvo drugo; jedna jednodukost, jedna istost onoga taj, ta, to! bez tajstva, tasta, tostva; jer ovo troje još dremaju zajedno sa taj, ta, to u beskonačnosti = O onoga što je neodređeno, iz čega sve i svako određeno treba takođe tek da proizađe! Šta unosi konačnost u one tri beskonačnosti? Šta oplodava prostor i vreme a priori brojem i merom, pretvarajući ih u neku čistu raznovrsnost? Šta dovodi čisti spontanitet (Ja) u oscilaciju? Kako dospeva njegov čisti vokal do suglasnika, ili štaviše kako se njegovo bezglasno neprekidno duvanje, prekidajući samo sebe zaustavlja, da bi dobilo bar neku vrstu samoglasnika, neki akcenat?« — Kao što se vidi, Jakobi je vrlo tačno uvideo čudovišnost apstrakcije, bilo da se radi o vajnom apsolutnom, to jest samo apstraktnom prostoru, ili upravo o takvom vremenu, ili zapravo o takvoj čistoj svesti, o Ja; on nastoji na tome da bi utvrdio nemogućnost svakog napredovanja ka drugome, ka uslovu svake sinteze i ka samoj sintezi. Sinteza koja nas interesuje ne sme da se shvati kao neka veza odredaba koje već postoje spolja,

— delom se radi pre svega upravo o stvaranju jednog drugog za neko prvo, nečega određenog za neko početno, koje je neodređeno, delom pak o imanentnoj sintezi, sintezi a priori, — o po sebi i za sebe bivstvujućem jedinstvu različitih. Bivanje jeste ta imanentna sinteza bića i ničega; ali, pošto spoljašnje povezivanje činilaca koji postoje spolja jedni prema drugima jeste onaj smisao koji je najbliži sintezi, to je naziv sinteza, sintetičko jedinstvo, s pravom izbačen iz upotrebe. — Jakobi pita kako dospeva čisti vokal Ja do suglasnika, šta unosi određenost u neodređenost? — Na to šta? lako bi se moglo odgovoriti i Kant je na to pitanje odgovorio na svoj način; ali pitanje o onome kako? znači: na koji način, po kojoj srazmeri i tome slično, i tako ono zahteva naznačenje neke posebne kategorije; ali o načinu, o kategorijama razuma ne može ovde biti ni govora. Pitanje o tome kako? spada i samo u one rđave manire refleksije koja postavlja pitanja o shvatljivosti, ali pri tome pretpostavlja svoje krute kategorije i time unapred smatra da je naoružana protiv odgovora na ono o čemu ona pita. Ni kod Jakobija ono pitanje nema više smisao pitanja o nužnosti sinteze; jer, kao što je rečeno, Jakobi ostaje čvrsto i uporno u apstrakcijama radi tvrđenja nemogućnosti sinteze. Naročito slikovito on opisuje (str. 147) proceduru kojom se dospeva do apstrakcije prostora. »Ja moram zadugo težiti da potpuno zaboravim da sam išta video, maknuo i dodirnuo, ne izuzimajući izrično ni sebe sama. Ja moram sasvim, sasvim, sasvim da zaboravim svako kretanje, i da se upravo za to zaboravljanje najusrdnije zauzmem, jer je to ono što je najteže. Sve uopšte, isto onako kao što sam ga u mislima uništio, moram pretpostaviti da je potpuno i savršeno odstranjeno, i ništa ne smem da zadržim do jedino silom zaustavljeni opažaj beskonačnog, nepromenljivog prostora. Stoga ja ne smem ni sama sebe kao nešto od prostora različito a ipak sa njim povezano da u mislima ponovo unesem u nj; ja ne smem dopustiti da me prostor samo opkoljava i prožima: već moram potpuno da pređem u nj, da postanem jedno sa njim, da se pretvorim u njega; ja ne smem dozvoliti da od mene sama išta preostane osim samog tog mog opažaja, da bih ga posmatrao kao neku zaista samostalnu, nezavisnu, jednu jedinu i jedinstvenu predstavu.« Pored te potpuno apstraktne čistote kontinuiteta, to jest neodređenosti i praznine predstavljanja, ravnodušno je nazivati tu apstrakciju prostorom ili čistim opažanjem, čistim mišljenjem; — sve je to ono isto što Indijac naziva Bramom, kada po spoljašnosti nepokretan i isto tako neuzbudljiv u osećaju, predstavi, fantaziji, požudi itd. godinama gleda nepomično samo u vrh svoga nosa, govoreći u sebi samo Om, Om, Om, ili ne govoreći uopšte.¹ Ta otupela, prazna svest jeste, shvaćena kao svest, — biće. U toj praznini, veli

¹Na ovome mjestu treba istaknuti kako je Hegel u navedenom primjeru postao žrtva nedovoljnog poznavanja indijske filozofije, kojem je vjerovatno pomogao i njegov poznati europocentrizam. Meditativno zadubljivanje u prazninu kao najveći cilj zaista karakterizira dio filozofsko-praktičnih škola

sada Jakobi dalje, on doživljuje suprotnost onoga što bi prema Kantovom uveravanju trebalo da doživljuje; on se ne oseća kao neko mnoštvo i neka raznovrsnost već, naprotiv, kao jedno lišeno svakog mnoštva i raznovrsnosti, pa čak »ja sam jesam sama ta nemogućnost, jesam uništenje svake raznovrsnosti i množine, ... iz svoga čistog, apsolutno prostog, nepromenljivog suštastva ne mogu da obnovim ni ono najmanje ili da ga unesem u sebe kao priviđenje, ... Tako se sva eksteriornost i koegzistencija, kao i sva raznovrsnost i množina koje na njima počivaju, pokazuju (u toj čistoti) kao jedna čista nemogućnost.« (Str. 149.) Ta nemogućnost ne znači ništa drugo do tautologiju: ja se pridržavam apstraktnog jedinstva i odstranjujem svako mnoštvo i svaku raznovrsnost, zadržavam se u onome što je bezrazlično i onome što je neodređeno i apstrahujem od svega što je različito i što je određeno. Kantovu apriornu sintezu samosvesti, to jest delatnost toga jedinstva, da sebe razdvaja i da u tome razdvajanju samo sebe održi, Jakobi rastvara u istu apstrakciju. Onu »sintezu po sebi,« ono »iskonsko suđenje« pretvara Jakobi (str. 125) jednostrano u »kopulu po sebi, — u jedno jeste, jeste, jeste, bez početka i kraja, i bez šta, ko i koje. To ponavljanje ponavljanja koje se nastavlja u beskonačnost jeste jedina radinost, funkcija i produkcija najčistije sinteze; ona sama jeste samo prosto, čisto apsolutno ponavljanje.« Ili, u stvari, pošto se u njoj ne nalazi nikakav prekid, to jest nikakva negacija, razlikovanje to ona ne predstavlja neko ponavljanje, već samo bezrazlično jednostavno biće. Ali, zar je to još sinteza kada Jakobi izostavlja upravo ono na osnovu čega jedinstvo jeste sintetičko jedinstvo? Pre svega, kada se Jakobi tako utvrđuje u apsolutnom, to jest apstraktnom prostoru, vremenu, takođe svesti, onda treba reći da se on na taj način prenosi u nešto što je empirički lažno i njega se čvrsto drži; ne postoje, to jest empirički nisu dati prostor i vreme, koji bi predstavljali neku bezgraničnu prostornost i vremenost, koji u svome kontinuitetu ne bi bili ispunjeni raznoliko ograničenim postojanjem i promenom, tako da te granice i promene pripadaju neodvojeno i neodvojivo prostornosti i vremenosti; isto je tako svest ispunjena određenim osećanjem, predstavljanjem, žuđenjem itd.; ona egzistira² neodvojeno od neke posebne sadržine. — Empiričko prelaženje se razume i inače samo od sebe; svest je doista u stanju da učini svojim predmetom i svojom sadržinom prazan prostor, prazno vreme i samu praznu svest, ili čisto biće; ali ona ne ostaje pri tome, već ne samo što izlazi iz takve praznine, nego se tiska da iz nje dospe do neke bolje sadržine, to jest do sadržine koja je ma u kom pogledu konkretnija, i ma koliko da je neka

indijskog mišljenja, kao štu su budizam i advaita vedanta, no nipošto se takav pristup ne može izjednačiti s indijskim mišljenjem uopće, o čemu jasno govori primjerice škola kašmirskog šivizma, koja je tema jednog od rada objavljenog u ovom broju časopisa Kozmologija. Također, već se u budističkom mišljenju dolazi do uvida da „praznina zapravo nije prazna“. *Napomena urednika*

²Lason u svome izdanju ovde pogrešno umeće reč »ne« (nicht). — Prim . prev.

sadržina inače rđava, u toliko je ona ipak bolja i istinitija; upravo takva sadržina jeste jedna sintetička sadržina uopšte; sintetička, uzeto u opštijem smislu. Tako Parmenidu zadaju posla privid i mnjenje, ono, dakle, što je suprotno biću i istini; isto tako Spinozi zadaju posla atributi, modusi, prostor, kretanje, razum, volja itd. Sinteza sadrži i pokazuje neistinitost onih apstrakcija; one se u njoj nalaze u jedinstvu sa svojim drugim, dakle ne kao za sebe postojeće, ne kao apsolutne, već kao prosto-naprsto relativne. Međutim, ono do čega je stalo ne sastoji se u tome da se dokaže empirička ništavnost praznog prostora, itd. Svakako, svest je u stanju da se putem apstrahovanja ispuni takođe onim što je neodređeno, i fiksirane apstrakcije jesu misli o čistome prostoru, vremenu, čistoj svesti, čistome biću. Misao o čistome prostoru itd., to jest čist prostor itd. sam po sebi treba da se pokaže kao ništavan, to jest da je on kao takav već njegova suprotnost, da je po njemu samom već prodrila u nj njegovu suprotnost, da je on već za sebe izašlost iz sama sebe, da je određenost. Ali to se pokazuje neposredno na njima. Oni su, a to Jakobi iscrpno opisuje, rezultati apstrakcije, izrično su određeni kao ono neodređeno, što — da se vratimo na njegovu najprostiju formu, — jeste biće. Međutim, upravo ta neodređenost jeste ono što sačinjava njegovu određenost; jer neodređenost je suprotstavljena određenosti; ona, prema tome, kao samo ono što je protivstavljeno jeste ono što je određeno ili ono što je negativno, i to čisto, potpuno apstraktno negativno. Ta neodređenost ili apstraktna negacija, koju biće ima na taj način na samom sebi, jeste ono što spoljašnja kao i unutrašnja refleksija izražava time što ga izjednačuje sa ničim, što ga oglašava za neku praznu zamisao, za ništa. — Ili, može se izraziti ovako: pošto je biće ono što je bez odredbe, biće nije (afirmativna) određenost, nije biće već ništa. U čistoj refleksiji o početku, za koji je u ovoj Logici uzeto biće kao takvo, prelaz je još skriven; pošto je biće postavljeno samo kao neposredno, to se ništa pojavljuje na njemu samo neposredno. Ali sve naredne odredbe, kao i već postojanje, jesu konkretnije; u ovome već je postavljeno ono što sadrži i proizvodi protivrečnost onih apstrakcija, pa stoga i njihovo prelaženje. Kod bića kao onoga prostog, neposrednog, sećanje na to da je ono rezultat potpune apstrakcije, dakle da je već stoga apstraktna negativnost, ništa, ostavljeno je iza nauke, koja će unutar same sebe, polazeći izrično od suštine, prikazati onu jednostranu neposrednost kao neku posredovanu, gde je postavljeno biće kao egzistencija i ono posredujuće tog bića, osnov. S onim sećanjem prelaz od bića u ništa može se, čak kao nešto lako i trivijalno, predstaviti ili takođe, kako se to naziva, objasniti i učiniti shvatljivijim, tako da je biće, koje je uzeto za početak nauke, zaista ništa; jer apstrahovati se može od svega, a kad je apstrahovano od svega, onda preostaje ništa. Ali, može se nastaviti, početak prema tome nije

nešto afirmativno, nije biće, već upravo ništa, a u tom slučaju ništa jeste takođe kraj, bar isto toliko kao i neposredno biće, pa čak još znatno više. Najlakše je da se takvo rezonovanje dozvoli i da se posmatra kakvi su rezultati na koje ono razmetljivo polaže pravo. Što bi po tome rezultat toga rezonovanja bilo ništa, te bi onda to ništa moralo da se uzme za početak (kao u kineskoj filozofiji), zbog toga ne bi trebalo ni prstom maći, jer pre nego što se to učini, to ništa bi se isto tako pretvorilo u biće (vidi gore: B. Ništa). Ali, osim toga, ako bi se pretpostavila ona apstrakcija od svega, pri čemu to sve ipak jeste bivstvujuće, onda nju treba tačnije shvatiti; rezultat apstrahovanja od svega bivstvujućeg jeste pre svega apstraktno biće, biće uopšte; kao što se u kosmološkom dokazu o postojanju boga iz slučajnog bića sveta, iznad kojeg se u tome dokazu uznosimo, sa tim uzdiže još i biće, biće se određuje kao beskonačno biće. Ali, na svaki način, može se apstrahovati takođe od ovog čistog bića, biće može da se preobrazi u ono sve, od koga se već apstrahovalo; tada ostaje ništa. Sada, ako se hoće da zaboravi mišljenje o tome ništa, to jest njegovo pretavranje u biće, ili ako se o njemu ne bi ništa znalo, može se nastaviti u stilu onoga moći; može se, naime, (hvala bogu!) apstrahovati takođe od ničega (kao što uostalom i stvaranje sveta predstavlja izvesnu apstrakciju od ničega), i tada ne preostaje ništa, jer zapravo se od ovoga apstrahuje, već se na taj način opet dospelo u biće. — To moći predstavlja izvesnu spoljašnju igru apstrahovanja, pri čemu samo apstrahovanje jeste isključivo jednostrano delanje onoga što je negativno. Pre svega u samom tome moći leži to da je za njega biće isto tako ravnodušno kao i ništa, i da ma koliko da svako od njih dvoje iščezava, isto toliko svako od njih takođe postaje; ali isto tako je svejedno da li će se poći od delanja ničega ili od ničega; delanje ničega, to jest čisto apstrahovanje, nije ni više ni manje nešto istinito nego to čisto ništa. Dijalektika po kojoj Platon u svome Parmenidu obrađuje ono što je jedno isto se tako mora smatrati više za neku dijalektiku spoljašnje refleksije. Biće i jedno jesu oboje eleatske forme koje su ono isto. Ali oni se moraju takođe razlikovati; tako ih Platon shvata u onom dijalogu. Pošto je Platon odstranio od onoga što je jedno raznolike odredbe, kao što su celina i delovi, biće u samom sebi, biće u drugom itd., odredbu figure, vremena itd., rezultat je da tome jednome ne pripada biće; jer nečemu biće pripada samo i jedino na jedan od onih načina (p. 141, e; Vol. III. ed. Steph.). Posle toga Platon obrađuje stav: Jedno postoji; i kod njega treba proveriti kako se, polazeći od toga stava, ostvaruje prelaz na nebiće onoga što je jedno; to se događa putem upoređivanja obeju odredaba pretpostavljenoga stava: Jedno postoji; taj stav sadrži u sebi jedno i biće, a »Jedno postoji« sadrži u sebi više nego kada se samo kaže: Jedno. U tome što se te dve odredbe razlikuju pokazuje se momenat negacije koji se sadrži u stavu. Jasno

je da taj put ima jednu pretpostavku i da predstavlja spoljašnju refleksiju. Kao što je ovde jedno stavljeno u vezu sa bićem, tako se biće, koje treba da se zadrži apstraktno za sebe, pokazuje najprostije, ne upuštajući se u mišljenje, u jednoj vezi koja u sebi sadrži suprotnost onoga što treba da se utvrdi. Biće, uzeto onako kako je neposredno dato, pripada jednome subjektu, jeste iskazano, ima uopšte empiričko postojanje i time stoji na tlu granice i onoga što je negativno. Ma u kojim se izrazima ili obrtima razum izražavao: kada se buni protiv jedinstva bića i ničega, pozivajući se na ono što neposredno postoji, on će upravo u tome iskustvu naći samo i jedino određeno biće, biće sa jednim ograničenjem ili negacijom, — ono jedinstvo koje on odbacuje. Tvrđenje neposrednog bića redukuje se tako na empiričku egzistenciju, čije pokazivanje to tvrđenje nije u stanju da odbaci, jer ona neposrednost koje ono hoće da se drži jeste izvan mišljenja. Isti je slučaj sa ničim, samo na suprotan način, a ta je refleksija poznata i dovoljno često je o njemu vršena. Ništa, uzeto u njegovoj neposrednosti, pokazuje se kao bivstvujuće; jer po svojoj prirodi ono je isto kao i biće. O ničemu se misli, ono se predstavlja, o njemu se govori, dakle ono postoji; ništa ima svoje biće u mišljenju, predstavljanju, govoru itd. Međutim, to biće se sem toga takođe razlikuje od ničega, stoga se kaže da ništa doduše postoji u mišljenju i predstavljanju, ali da zbog toga ono ne postoji, biće ne pripada njemu kao takvom, da samo mišljenje ili predstavljanje jesu to biće. Pri tome razlikovanju isto tako se ne može osporavati da ništa stoji u odnosu prema biću; ali u tom odnosu, mada on takođe sadrži razliku, postoji izvesno jedinstvo sa bićem. Ma na koji način se ništa izgovorilo ili pokazalo, ono se pokazuje u vezi ili, ako se hoće, u dodiru sa nekim bićem, neodvojeno od nekog bića, upravo u nekom postojanju. Ali, pošto se tako ništa pokazuje u nekom postojanju, obično lebdi pred očima još ova njegova razlika od bića, da postojanje ničega apsolutno nije ništa što pripada njemu samom, da ono na sebi nema bića za samo sebe, da ono nije biće kao takvo; da ništa predstavlja samo odsutnost bića, onako kao što je mrak samo odsutnost svetlosti, hladnoća samo odsutnost toplote itd. Mrak da ima značaja samo u odnosu na oko, u spoljašnjem poređenju sa onim što je pozitivno, sa svetlošću, da je isto tako hladnoća nešto samo u našem osećaju; da su za sebe, naprotiv, svetlost, toplota, kao i biće ono objektivno, ono realno, delotvorno, apsolutno drugog kvaliteta i vrednosti nego one negativnosti, nego ništa. Može se često naći da se navodi kao neka vrlo važna refleksija i značajno saznanje da je mrak samo odsutnost svetlosti, hladnoća samo odsutnost toplote. O ovoj oštromnoj refleksiji može se u ovoj oblasti empiričkih predmeta primetiti da se u svetlosti mrak svakako pokazuje delotvornim, pošto on čini da se svetlost pretvara u boje, čineći je tek na taj način vidljivom, pošto se, kao što je ranije rečeno,

u čistoj svetlosti isto tako ne vidi kao ni u čistome mraku. Vidljivost, međutim, jeste ono dejstvo u oku u kome isto toliko učestvuje ono negativno koliko i svetlost koja se smatra za ono što je pozitivno, realno; isto se tako hladnoća dovoljno pokazuje vodi, našem osećanju itd., i kada joj mi osporavamo takozvani objektivni realitet, onda time nije apsolutno ništa dobijeno u odnosu na nju. Ali, osim toga, moglo bi se zameriti što se ovde, isto tako kao gore, govori o negativnome određene sadržine, a ne zastaje se kod samog ničega, iza koga biće ne zaostaje u praznoj apstraktnosti, niti ima neko preimućstvo. — Ali, hladnoću, mrak i njima slične određene negacije treba odmah uzeti za sebe, pa videti šta je time postavljeno u pogledu njihove opšte odredbe, prema kojoj se one ovde uzimaju. One ne treba da su neko ništa uopšte, već ništa svetlosti, toplote itd., nečega određenog, neke sadržine; tako su one određena, sadržinska ništa, ako se tako može reći. Ali jedna određenost jeste i sama jedna negacija, kao što će se dalje još pokazati; tako su one negativna ništa; ali negativno ništa jeste nešto afirmativno. Preobraćanje ničega u nešto afirmativno pomoću njegove određenosti (koja se malopre pokazala kao neko postojanje u subjektu ili ma u čemu drugom) izgleda kao nešto najparadoksnije svesti koja čvrsto ostaje u razumskoj apstrakciji; ma kako da je prost taj uvid, ili baš zbog same svoje prostote, uvid da je negacija negacije nešto pozitivno pokazuje se kao nešto trivijalno, na šta oholi razum zato nema potrebe da obraća pažnju, premda je sama stvar tačna, — a ona ne samo da poseduje tu tačnost, već zbog opštosti takvih određaba poseduje svoju beskonačnu rasprostranjenost i opštu primenu, tako da bi zaista na to trebalo obratiti pažnju. Još se o odredbi prelaza bića i ničega jednog u drugo može primetiti da prelaz treba isto tako shvatiti bez dalje refleksivne odredbe. On je neposredan i sasvim apstraktan, zbog apstraktnosti prelazećih momenata, to jest pošto na tim momentima još nije postavljena određenost drugoga, posredstvom koga bi oni prelazili; ništa još nije postavljeno na biću, mada je biće u suštini ništa, i obrnuto. Otuda je nedopustivo da se ovde primenjuju dalje određena posredovanja i da se biće i ništa shvate ma u kome odnosu, — ono prelaženje još nije neki odnos. Prema tome nije dozvoljeno reći: ništa jeste osnov bića ili biće jeste osnov ničega, — ništa je uzrok bića itd.; ili, u ništa se može preći samo pod uslovom da nešto postoji ili — u biće samo pod uslovom nebića. Vrsta odnosa ne može biti dalje određena ako u isto vreme ne bi bile dalje određene strane koje se odnose. Veza između razloga i posledice itd. nema više prosto biće i ništa za one strane koje ona povezuje već izrično ono biće koje jeste razlog i nešto što je doduše samo postavljeno, nije samostalno, ali što nije apstraktno ništa.

Napomena 4.

Iz dosadašnjega proizlazi kako stoji sa onom dijalektikom o početku sveta i njegovoj propasti, kojom je trebalo dokazati večnost materije, to jest sa dijalektikom o bivanju, nastajanju ili nestajanju uopšte. Kantova antinomija o konačnosti ili beskonačnosti sveta u prostoru i vremenu bliže će se razmotriti docnije, kod pojma kvantitativne beskonačnosti. — Ona jednostavna obična dijalektika počiva na zadržavanju suprotnosti između bića i ničega. Na sledeći način se dokazuje da nije moguć nikakav početak sveta ili nečega: Ništa ne može početi, niti ukoliko nešto postoji niti ukoliko ono ne postoji; jer ukoliko postoji ono ne počinje tek; a ukoliko ne postoji ono takođe ne počinje. — Ako bi svet, ili nešto, imao početak, onda bi on morao započeti u ničemu, ali u ničemu — ili ništa — nije početak; jer početak obuhvata u sebi neko biće, a ništa ne sadrži u sebi nikakvo biće. Ništa jeste samo ništa. U osnovu, u uzroku itd., ako se ništa tako odredi, nalazi se neka afirmacija, biće. — Iz istog razloga takođe ne može da nešto prestane. Jer tada bi biće moralo sadržati u sebi ništa, međutim biće je samo biće, a ne suprotnost samoga sebe. Jasno je da se ovde protiv bivanja ili počinjanja i prestajanja, protiv toga jedinstva bića i ničega, ne iznosi ništa, već se ono asertorički osporava, pa se biću i ničemu pripisuje istina, svakome odvojeno od onog drugog. — Pa ipak, ta je dijalektika bar doslednija od reflektirajućeg predstavljanja. Za njega važi kao savršena istina da biće i ništa postoje samo odvojeno; a s druge strane, ono priznaje počinjanje i prestajanje kao isto tako istinite odredbe, ali u njima ono faktički pretpostavlja nerazdvojenost bića i ničega. Pri pretpostavci apsolutne odvojenosti bića od ničega svakako je — što se tako često čuje — početak ili bivanje nešto nepojmljivo; jer se prihvata pretpostavka kojom se ukida početak ili bivanje koje se ipak ponovo priznaje, i ta protivrečnost koju sami postavljaju i čije rešenje onemogućuju, naziva se ono što je nepojmljivo. Ovo što je navedeno jeste takođe ista dijalektika koju razum upotrebljava protiv pojma koji se dobija višom analizom o beskonačno-malim veličinama. O tome pojmu raspravlja se dalje iscrpnije. — Te veličine određene su kao takve koje se nalaze u svome iščezavanju, ne pre svoga iščezavanja jer su one tada konačne veličine, — ne posle svoga iščezavanja, jer one tada nisu ništa. Protiv toga čistog pojma činjena je zamerka, koja se stalno ponavlja, da takve veličine jesu ili nešto ili ništa; da između bića i nebića ne postoji nikakvo srednje stanje (stanje je, ovde jedan nezgodan, varvarski izraz). — Pri ovome je takođe usvojena apsolutna odvojenost bića i ničega. Ali protiv toga je dokazano da su biće i ništa u stvari isto, ili, govoreći onim jezikom da ne postoji apsolutno ništa što nije neko srednje stanje između bića i ničega. Matematika ima da zahvali za svoje najsaj-

nije uspehe usvajanju one odredbe kojoj se razum protivi. Navedeno rezonovanje, koje prihvata lažnu pretpostavku apsolutne odvojenosti bića i nebića i pri njoj ostaje, ne treba nazivati dijalektikom već sofistijom. Jer, sofistika je rezonovanje koje se zasniva na nekoj neosnovanoj pretpostavci, koja se priznaje bez kritike i nepromišljeno; dijalektikom pak mi nazivamo ono više umno kretanje, u kome takvi [činioci]³ koji se priviđaju apsolutno odvojeno prelaze sami od sebe jedan u drugi, blagodareći onome šta oni jesu, i ona pretpostavka [njihove odvojenosti] se ukida. Sama dijalektička imanentna priroda bića i ničega je takva da oni svoje jedinstvo, bivanje, pokazuju kao svoju istinu.

2. Momenti bivanja: Nastajanje i nestajanje

Bivanje jeste neodvojenost bića i ničega; ne jedinstvo koje apstrahuje od bića i ničega, nego kao jedinstvo bića i ničega bivanje je to određeno jedinstvo, ili jedinstvo u kome se nalazi ne samo biće već i ništa. Ali, pošto svako, i biće i ništa, postoje neodvojeno od svoga drugog, to ono ne postoji. Oni su dakle u ovom jedinstvu, ali kao iščezavajući, samo kao prevaziđeni. Oni se sa svoje najpre zamišljene samostalnosti srozavaju na momente, još razlikovane, ali u isto vreme prevaziđene. Shvaćeni prema ovoj svojoj različnosti, svaki se nalazi u njoj kao jedinstvo sa drugim. Bivanje dakle, sadrži u sebi biće i ništa kao dva takva jedinstva, od kojih svako i samo predstavlja jedinstvo bića i ničega; jedno od njih sadrži u sebi biće kao neposredno i kao odnos prema ničemu; drugo sadrži ništa kao neposredno i kao odnos prema biću; odredbe se nalaze u tim jedinstvima u nejednakoj vrednosti. Bivanje je na taj način u dvostrukoj odredbi; u jednoj je ništa kao neposredno, to jest ona počinje od ničega koje se odnosi na biće, to znači prelazi u njega, u drugoj je biće kao neposredno, to jest ona počinje od bića koje prelazi u ništa, nastajanje i nestajanje. Obe odredbe su isto, bivanje, a isto tako kao ti tako različni pravci one se uzajamno prožimaju i parališu. Jedan jeste nestajanje; biće prelazi u ništa, ali ništa je isto tako suprotnost sama sebe, prelaženje u biće, nastajanje. To nastajanje je drugi pravac; ništa prelazi u biće, ali biće isto tako prevazilazi sama sebe, pa je staviše prelaženje u ništa, jeste nestajanje. — Oni se ne ukidaju uzajamno, ono jedno ne ukida spolja ono drugo; već svako se prevazilazi samo po sebi i u samom sebi je svoja suprotnost.

³ Reč »činioci« dodao je prevodilac. Prim. red.

3. Ukidanje bivanja

Ravnoteža u koju nastajanje i nestajanje postavljaju sebe jeste na prvom mestu samo bivanje. Ali bivanje se isto tako sažima u mirno jedinstvo. Biće i ništa su u bivanju samo kao ono što iščezava; ali bivanje kao takvo postoji samo blagodareći njihovoj različnosti. Stoga njihovo iščezavanje jeste iščezavanje bivanja ili iščezavanje samog iščezavanja. Bivanje je nezadrživi nemir, koji se srozava u miran rezultat. To bi se takođe moglo izraziti ovako: bivanje je iščezavanje bića u ništa i ničega u biće, i iščezavanje bića i ničega uopšte; ali ono se u isto vreme zasniva na njihovoj razlici. Bivanje, dakle protivreči sebi u samom sebi, jer ono u sebi ujedinjuje ono što je sebi suprotno; a takvo ujedinjenje razara sebe. Taj rezultat je iščezlost, ali ne kao ništa; tako bi on bio samo vraćanje u jednu od već prevaziđenih odredaba, a ne rezultat ničega i bića. On jeste jedinstvo bića i ničega koje se pretvorilo u mirnu jednostavnost. Mirna jednostavnost pak jeste biće, pa ipak isto tako ne više za sebe, već kao odredba celine. Bivanje kao prelaženje u jedinstvo bića i ničega, koje jeste kao bivstvjuće ili koje ima oblik jednostranog neposrednog jedinstva tih momenata, jeste postojanje.

Napomena

Prevazilaženje i ono što je prevaziđeno (ono što je ideelno) jeste jedan od najvažnijih pojmova filozofije, jedna osnovna odredba koja se ponavlja apsolutno svuda, čiji smisao treba tačno shvatiti i naročito ga razlikovati od ničega. — Ono što se prevazilazi ne pretvara se time u ništa. Ništa je ono što je neposredno, naprotiv — ono što je prevaziđeno jeste nešto posredovano; to je ono ne bivstvjuće, ali kao rezultat koji je potekao od nekog bića. Stoga ono još ima na sebi onu određenost iz koje proizlazi. Prevazići (aufheben) ima u jeziku dvostruki smisao: znači isto što sačuvati (aufbewahren), održati (erhalten), a u isto vreme znači učiniti da prestane (aufhören lassen), dokrajčiti (ein Ende machen). Već samo sačuvanje (Aufbewahren) obuhvata u sebi ono negativno, da se od nečega otklanja njegova neposrednost, a time i postojanje koje je izloženo spoljašnjim uticajima, kako bi se ono održalo. — Na taj način, ono prevaziđeno jeste u isto vreme nešto sačuvano, koje je izgubilo samo svoju neposrednost, ali zbog toga nije uništeno. — Navedene dve odredbe prevazilaženja (des Aufhebens) mogu se leksički navesti kao dva značenja te reči. Pri tom bi moralo biti neobično to što je jedan jezik dospeo dotle da jednu istu reč upotrebljava za dve suprotne odredbe. Za spekulativno mišljenje je prijatno što se u jeziku nalaze reči koje u samima sebi imaju izvesno spekulativno značenje; nemački jezik ima više takvih. Dvosmislenost latinske reči: tol-

lere⁴ (koja je postala čuvena po Ciceronovoj šali: tollendum esse Octavium)⁵ ne ide tako daleko; afirmativna odredba ide samo do uzdizanja. Nešto je samo utoliko prevaziđeno ukoliko je stupilo u jedinstvo sa svojom suprotnošću; u toj bližoj odredbi ono se kao nešto reflektovano može zgodno označiti kao momenat. Težina i odstojanje od jedne tačke zovu se kod poluge njeni mehanički momenti, zbog istosti njihovog dejstva i pored svih ostalih razlika nečega realnog, kao što je to neka težina, i nečega ideelnoga, čiste prostorne odredbe, linije; vidi Enciklopediju filozofskih nauka, 3. izdanje 261., primedba. — Još češće će se primećivati to što se u filozofskoj terminologiji za reflektirane odredbe upotrebljavaju latinski izrazi, ili zato što maternji jezik nema za njih izraze, ili ako ih ima, kao ovde, onda zato što izraz maternjeg jezika podseća više na ono što je neposredno, a tuđi jezik više na ono što je reflektovano. Bliži smisao i izraz koje dobijaju biće i ništa time što su sada momenti ima da se pokažu pri posmatranju postojanja kao jedinstva u kome su oni sačuvani. Biće je biće i ništa je ništa samo u njihovoj različitosti jednoga od drugoga; u svojoj pak istini, u svome jedinstvu, oni su iščezli kao te odredbe i sada su nešto drugo. Biće i ništa jesu isto; zbog toga što su isto oni više nisu biće i ništa, pa imaju različitu odredbu; u bivanju oni su bili nastajanje i nestajanje; u postojanju kao jednom drukčije određenom jedinstvu oni su opet drukčije određeni momenti. To pak jedinstvo ostaje njihova osnova iz koje oni više ne istupaju ka apstraktnom značenju bića i ničega.

Trankripcija: Laura Vrabc,

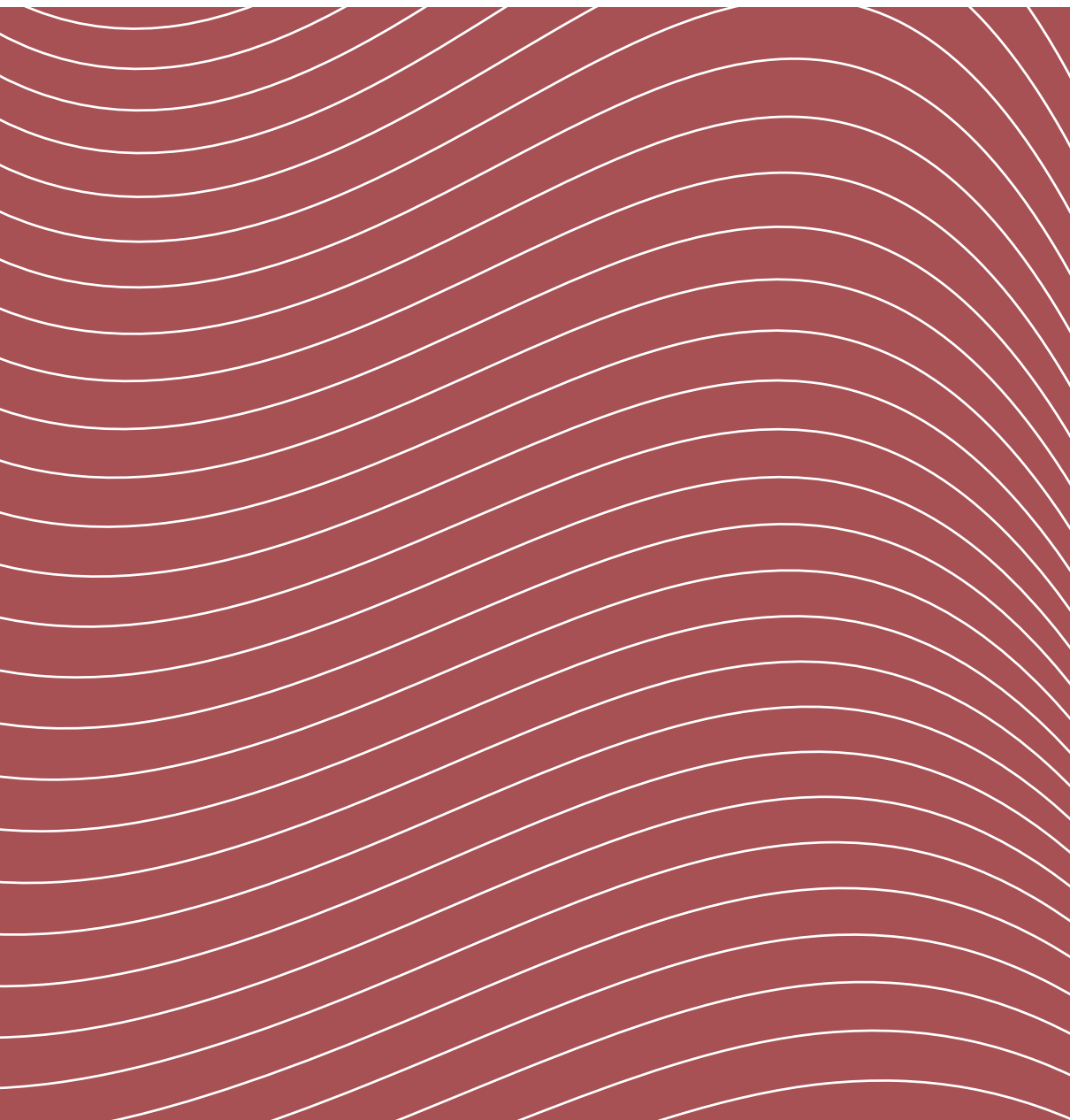
Prema: Nauka logike I-III, Hegel Georg Wilhelm Friedrich, BIGZ, 1976, Beograd

⁴Tollere — lat. podići, ukloniti.

⁵Igra reči, a znači istovremeno: »treba podići Oktavija« i »treba ukloniti Oktavija« — Prim . ured.



ZNANOST I DRUŠTVO



Propadanje fundamentalne znanosti na logici tržišta: slučaj STEM-a

==== *Andrej Dundović* ====

*Institut za kozmologiju i filozofiju prirode
andrej.dundovic@icpn.hr*

Sažetak

U ovom tekstu osvrćemo se na aktualne STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) politike u obrazovanju i znanosti, ali i na širu društvenu pojavu prioritiziranja ovih područja. Podsjećamo da osnovni cilj isticanja STEM-a proizlazi iz diktata tržišta, a ne romantiziranog poticanja istraživanja i razvoja kritičkog mišljenja. Tržište tako, i kroz STEM, a radi svojih imanentnih mehanizama, slabi fundamentalna istraživanja nauštrb onih primijenjenih, čak i kod onih disciplina koje su nominalno dio STEM-a. To slabljenje dovodi do postepenog nestajanja značajnih otkrića i novih ideja nužnih za daljnji napredak znanosti i tehnike, ali i spoznaje uopće.

1 Uvod

Laik koji promotri razvoj znanosti i tehnike zadnjih desetljeća može postaviti naoko jednostavno pitanje: ako je 20. stoljeće dalo kvantnu teoriju, opću teoriju relativnosti, ostvaren je veliki napredak u razumijevanju genetike uključujući pronalazak strukture i funkcije molekule DNA, pronađen je penicilin, ljudi su se po prvi puta otisnuli u svemir i sletjeli na Mjesec, konstruirana su digitalna računala pogonjena tranzistorima, ovladalo se energijom iz termonuklearne fisije, a postavljene su i druge velike teorije u najrazličitijim domenama istraživanja koje su temelj modernog razumijevanja svijeta, kako je moguće da današnje društvo 21. stoljeća, koje historijski nikad nije bilo bogatije u smislu materijalne proizvodnje, s nikad više stanovništva, pa i sveučilišta, znanstvenih instituta te znanstvenika, ne donosi takav revolucionarni, kvalitativni napredak kakav je dalo 19. i 20. stoljeće, već se čini kao da se napredak sastoji od rafiniranja i nadogradnje postojećih velikih ideja prošlog vremena?

Stručni bi krugovi na to odgovorili da se sigurno ne radi o diskontinuitetu, sa svega na ništa – postoji i danas primjera značajnih otkrića i novog napretka, a mnogo toga nije prošlo još ni evaluaciju značajnosti, ali bi se većina složila da postoji određen negativan trend [1, 2, 3, 4, 5]. Tek bi rijetki pokušavali definirati novu metriku koja bi ipak pokazivala daljnji galopirajući progres i pozitivan trend [6].

Štoviše, uobičajene analize znanstvenog i tehnološkog napretka često ne ulaze u kvalitativnu ocjenu novih dosega i spoznaja¹, već pokušavaju napredak u znanju kvantificirati korelirajući ga s ekonomskim rastom, brojem patenata i sl. Ono što stoji kao nedvojbena činjenica, te izaziva najviše pozornosti pa i nevjerice, je kad se takvi trendovi i korelacije razlože na umnožak produktivnosti pojedinog znanstvenika i ukupnog broja znanstvenika, bilo u pojedinoj zemlji ili svijetu. S obzirom na to da je ukupan broj znanstvenika drastično porastao u odnosu na 20. stoljeće, a umnožak nije pratio takav rast, ili je čak doživio pad, zaključak je da su znanstvenici postali značajno neproduktivniji u odnosu na svoje prethodnike [7].

U pokušaju da se objasni taj rezultat, u pravilu se ne propituje sadržaj znanstvenih radova ili razvoj pojedinog područja, nego se analizama pristupa apstraktno i za sva područja isto, pa su i prijedlozi uzroka ovog opažanja generičke konstrukcije, a najčešća je ona da u suštini nema više lako dostupnih ideja jer su već sve takve osmišljene. Taj se prijedlog uobičajeno opisuje analogijom voćnjaka u kojem su svi plodovi dostupni na niskim granama (eng. *low-hanging fruit*), koji se mogu lako pobrati, već pobrani, a za branje onih na višim granama potrebno je više napora i alata. Dok se s ovim objašnjenjem može složiti u konkretnim istraživanjima recimo novih životinjskih vrsta na određenom području, novih organa u ljudskom tijelu, ili planeta u Sunčevom sustavu, odnosno empirijskim domenama koja istražuju sustave konačnog broja već *a priori* definiranih predmeta istraživanja, teško se to može primijeniti na prostor ideja općenito. Uz to, može se čovjek složiti da je realno moguće iscrpiti konstruktivne varijacije određene ideje ili iscrpiti one ideje do kojih se dolazi određenim postupkom, no teško je argumentirati da postoji svijet s konačno mnogo ideja te da je on sada naprosto apsolutno iscrpljen ili blizu apsolutnom iscrpljenju. To bi izazvalo teške daljnje implikacije, kao na primjer da se nalazimo u posebnom trenutku povijesti gdje se došlo “do kraja” spoznaje, da čovjek ne može spoznati više od ovoga što se već danas zna, ili da je Priroda jednostavno konačna i to je to što se o njoj može otkriti, a ostalo što se ne može objasniti eventualno pripada inherentno nasumičnim mehanizmima iza

¹Iznimke u ovim analizama postoje, npr. [2] gdje se radi distinkcija između *otkrića*, *izuma* i *inovacija* te se promatra njihova učestalost u vremenu i prostoru te se zaključuje da postoji pad u učestalosti otkrića.

kojih ne stoji nikakav red. Možda je ostala tu i tamo neka ideja *skrivena visoko u krošnj*, ali objektivno se tu nema što više učiniti.

Tražiti za sebe tako vrlo posebno mjesto u cijelom prostor-vremenu civilizacija na Zemlji ili čak svemira kako bi se objasnila trenutna situacija jedan je od filozofski najskupljih izlaza, tim više što nas povijest uči da se svaki takav “centrizam” u nekom trenutku raspadne i postane opće mjesto ismijavanja kasnijih generacija (npr. geocentrični sustav). Uz to, dobro je poznato da civilizacije ulaze u periode “manjka ideja” i “mračna doba” da bi se opet budile kroz renesanse u kojima se otvaraju cijeli novi svjetovi ideja – zašto ta stagnacija recimo ne bi bila slučaj i sada?

Stoga je mudrije tražiti objašnjenje za oskudicu novih spoznaja u samom sustavu na kojem počiva znanstvena produktivnost. Tu postoji cijeli niz teza koje identificiraju problem u načinu provođenja znanstvenog rada te u načinu na koji društvo podržava taj rad. Doduše, postoje i teze koje nalaze razloge stagnacije izvan sustava proizvodnje znanja, npr. u okolišu. Tako je jedna već ponavljana teza da drastično povećanje olova i drugih supstanci u atmosferi i hrani izazvane recentnom ljudskom djelatnošću utječu u prosjeku na pad kognitivnih kapaciteta pučanstva [8], a time i na znanstvenu produktivnost [9]. Iako tu postoje određene individualne korelacije i utjecaji koji se mogu prihvatiti, za argumentiranje pouzdanog kauzaliteta i općenitosti kod takvih tvrdnji potrebno je podosta logičke gimnastike, čime uvjerljivost takvih razloga kao onih dominantnih značajno opada.

Vratimo se zato na one teze koje traže razloge u samom modernom sustavu istraživanja i znanosti. Tu se najčešće navodi problem hiperprodukcije niskokvalitetnih radova koji guše cijeli sustav znanosti [1] te velik teret administracije koju prosječan znanstvenik mora voditi kako bi ostao u sustavu te se zato ne može posvetiti istraživanjima [3]. Oba su razloga zapravo posljedice sve veće kontrole sustava s nazivnim ciljem efikasnijeg trošenja javnih sredstava i povećane produktivnosti. Međutim, ono što se dogodilo obrnuto je od željenog: pad efikasnosti i produktivnosti. Takav efekt nije posve neočekivan jer postavljanje mjera kojim bi se sustav kvantificirao, a što ujedno ostvaruje povratnu vezu na sustav, nepovratno mijenja ponašanje sustava, odnosno sustav se prilagođava kako bi zadovoljio samu mjeru² [10].

Uzroci zašto se sustavu znanosti uvode sve više mjera kontrole mogu se tražiti u potrebi održavanja permanentnog gospodarskog rasta koji je pak neophodan za održavanje aktualnog ekonomskog sustava temeljenog na rastu. Gospodarski rast

² Nekad se takav fenomen spominje i pod nazivom Goodhartov zakon: *Kada mjera postane cilj, prestaje biti dobra mjera.*

postiže se najjednostavnije rečeno ili povećanjem obujma ukupne proizvodnje ili podizanjem produktivnosti. Kako globalizacija nije ostavila puno prostora za povećanjem ukupne proizvodnje, ostaje podizanje produktivnosti koje u suštini počiva na tehnološkom razvoju, odnosno onom koji se veže na znanstvenu produktivnost i to najviše u prirodoslovnim i tehničkim područjima. Preduvjet uspješnog znanstvenog rada, koja može ostvariti potrebnu produktivnost, jest sloboda znanstvenog istraživanja i ulaženje u temeljna pitanja, a "siljenjem" produktivnosti ta se sloboda reducira ili ukida. Na taj način aktualni ekonomski sustav, u želji da podigne produktivnost te odgodi krize koje nastupaju usporavanjem ili prestankom rasta, zapravo sputava i uništava znanstveni, odnosno tehnološki napredak. I tu kontradikciju ne može razriješiti. Gospodarski rast kao nekakva svrha po sebi također se može propitivati, i sve češće se propituje u kontekstu aktualne ekološke krize [11], ali i kao održivog koncepta uopće [12].

Negativan utjecaj mehanizama znanstvene metrike na znanstvenu produktivnost kao i prekarnost i birokratiziranost znanstvenog procesa opisana je u mnogo navrata do sada, no kako tržište negativno utječe na progres u fundamentalnoj znanosti i obrazovanju na primjeru tzv. STEM politika nedovoljno je obrađeno i osvijesteno te je upravo to tema nastavka ovog teksta.

2 STEM

STEM je kratica koja dolazi od prvih slova sintagme *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, odnosno (prirodne) znanost(i), tehnologija, inženjerstvo i matematika te potječe iz konteksta novih obrazovnih politika i školskih kurikulumu 90-ih godina u SAD-u. Danas se taj pojam proširio po cijelom svijetu i na područja koja nisu neposredno vezana uz obrazovanje, npr. na tržište rada, nacionalnu sigurnost i imigracijske politike [13].

Osnovna teza iza STEM politika slijedi jednostavnu logiku: usmjeravanjem obrazovanja na STEM discipline dovest će do jačanja radne snage u područjima koja su ključna za razvoj gospodarstva, a što će dovesti do općeg prosperiteta. Ponekad se želi prikriti ta ekonomska motivacija pa se govori i o važnosti razvoja znanosti, "rješavanja problema" i kritičkog mišljenja kroz STEM edukaciju kao vrijednosti po sebi, a na prigovor očitog marginaliziranja humanističkih, društvenih i umjetničkih područja kratica se gdjekad proširuje na STEAM gdje A stoji za "Arts", odnosno umjetnosti³. Zadnjih godina tržišno marginalizirane discipline pokušavaju definirati svoj zajednički nazivnik kojim bi popravile svoj status, npr. inici-

³Umjetnosti u praksi ulaze u ovaj koncept ukoliko proizvode sadržaj koji se može lako komercijalizirati, tako se često spominje važnost kulturnjaka za proizvodnju video igara [14].

iativa SHAPE (eng. *Social sciences, Humanities and the Arts for People and the Economy*) [15], međutim, s obzirom na neveliku popularnost termina u javnim politikama, ne baš uspješno.

Politike u Hrvatskoj prate ovaj globalni trend bez ikakvog kritičkog refleksa pa su u sustavu visokog obrazovanja uvedene državne STEM stipendije, a ukinute stipendije za općenitu izvrsnost koje su pokrivala sve vrste studija (tzv. A-kategorija državnih stipendija). Na nižim stupnjevima obrazovanja pokreću se različite inicijative, što institucionalne, što izvaninstitucionalne za jačanje STEM predmeta. Pored toga, i općeniti natječaji namijenjeni organizacijama civilnog društva financirani sredstvima Europske unije refokusiraju se iz onih izvorno predloženih za "popularizaciju znanosti" u "popularizaciju STEM-a" [16]. Iz ovih trendova može se uočiti širi obrazac gdje pojam "znanosti" ustupa svoje mjesto pojmu "STEM", a kako je znanost svojevrsni nadskup STEM-u, nije teško u osnovi identificirati neželjeni komplement koji se želi destimulirati, ponajprije humanističke i društvene znanosti, tim više ako nisu ekonomske primjenjive.

Iako STEM navodno odiše "egzaktnošću" sam nije egzaktno definiran skup, pa odabir disciplina koje se u njega ubrajaju ovisi o zemlji, domeni upotrebe pojma i aktualnim politikama. Tako Nacionalna zaklada za znanost SAD-a koristi širu definiciju u koju su uključene psihologija i društvene znanosti (poput političkih znanosti i ekonomije) uz bazične znanosti (npr. fizika, kemija, matematika) i inženjerstvo. Nasuprot njima, Ministarstvo domovinske sigurnosti SAD-a koristi užu definiciju bez psihologije i društvenih znanosti, ali uz eksplicitno navođenje računalne znanosti i informatike [13]. U Njemačkoj se umjesto pojma STEM koristi kratica MINT (njem. *Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik*, dok na razini cijele Europske unije ne postoji točna definicija, već ovisi od zemlje do zemlje.

U Hrvatskoj Ministarstvo znanosti i obrazovanja definira Pravilnikom [17] za STEM stipendije što se smatra STEM disciplinama, a iz popisa se može zaključiti da je to jedna od užih definicija u optičaju.

Ipak, ne opterećujući se previše različitim definicijama STEM-a, lako je uočiti što STEM znači u praksi, naročito ako se istraži geneza pojma – to su sve one discipline koje su potrebne tržištu, pa kako se mijenjaju potrebe, tako se mijenjaju i definicije, ili naglasak unutar definicija. Tržište također favorizira određena područja u znanosti.

3 Tržište ne traži fundamentalne znanosti

Logika tržišta nije poseban misterij – trošak obrazovanja i specijalizacije radne snage treba minimizirati i po mogućnosti prebaciti na drugoga, a najčešće je to javni sektor. Stoga nije neobično da zahtjevi kapitala uvijek idu u smjeru “škole i fakulteti ne prate potrebe tržišta rada”, “fakulteti uče previše teorije, a premalo praktičnih stvari”, “treba nam više specijalističkih studija, a manje općih” itd. Upravo su STEM politike proizašle iz ovih pritisaka – transformacija obrazovanja u što efikasniji servis tržišta. Znanost u kontekstu STEM-a, premda predstavlja prvo slovo kraticе, tu je isključivo promidžbe radi, odnosno radi uvjeravanja javnosti u ispravnost ovih politika na temelju u prosjeku pozitivnih konotacija koje znanost stvara, ali ne i sadržaja. Naravno, i kad se govori o znanosti, u pravilu se misli na one primijenjene, a ne temeljne, odnosno fundamentalne⁴.

Različite kampanje popularizacije STEM-a dovele su do toga da su prve asocijacije vezane za STEM djeca koja se igraju robotima, a ulaganje u STEM znači kupovinu robota, tableta i slične opreme. Međutim, samo opremanje škola ne mijenja negativan trend [18], npr. broj je upisanih nastavničkih smjerova fizike iz godine u godinu sve manji [19]. Ovaj paradoks zapravo nije paradoks: ako se djecu stimulira STEM-om s ciljem da bi se što prije i efikasnije razvila u profitabilnu radnu snagu, nužna je posljedica da će ta djeca kasnije rezonirati s istim idejama te neće odabirati neprofitabilnije karijere učitelja ili znanstvenika. Prema tome, osim samog tržišta koje stvara enormne razlike u vrednovanju pojedinih zanimanja koje dijele slične razine kompetencije i znanja, obrazovni sustav to još dodatno potiče i tako sam sebe sabotira.

Ova tranzicija s temeljnih na primijenjene znanosti postala je očita i u financiranju istraživanja, toliko da otvara pitanja o daljnjem napretku znanosti kod kreatora politika [20]⁵:

Nažalost, R&D⁶ u SAD-u odstupa sve više od temeljnih znanosti unazad zadnjih par desetljeća. Ovo je djelomično zato što privatni sektor – koji financira neizmjereno više primijenjeno istraživanje i razvoj iznad osnovne znanosti – pretekao je javni sektor kao najvećeg financijera R&D-a. Ali čak i unutar javnog sektora, primijenjena is-

⁴Iako je teško u praksi odrediti što je primijenjeno, a što temeljno, može se upotrijebiti definicija Nacionalne zaklada za znanost SAD-a koja temeljna istraživanja definira kao “aktivnosti usmjerene stjecanju novog znanja ili razumijevanja bez specifične neposredne komercijalne primjene ili koristi”, dok je primijenjeno istraživanje ono “usmjereno na rješavanje specifičnog problema ili dostizanja određenog komercijalnog cilja”, www.nsf.gov/statistics/randddef/rd-definitions.pdf.

⁵Slobodan prijevod autora.

⁶Kratica od “Research and Development”, odnosno istraživanje i razvoj.

traživanja i razvoj obuhvaćaju sve veći i veći udio istraživačkih dolara. Kao rezultat toga, bez obzira na svu priču o znanosti danas, mi značajno podinvestiramo znanstvena istraživanja.

U Njemačkoj plaće na doktorskim pozicijama, iako ujednačene kolektivnim ugovorima javne službe (*Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst der Länder – TV-L*), redovito se skaliraju postotkom plaćenog radnog vremena bez obzira na radno opterećenje, pa tako pozicije “udaljenije” od primjene i tržišta, npr. doktorske u području teorijske fizike bit će na 50% radnog vremena (time i plaće), dok one u eksperimentalnoj fizici čvrstog stanja ili biokemiji 75%, a one u računarstvu ili u područjima gdje se prakticira puno analiza podataka na 100%. Iza te prakse stoji jednostavno obrazloženje koje nudi gotovo svaki voditelj istraživačke grupe: da bi privukli doktorande, moraju ponuditi uvjete barem približno konkurentne onima na tržištu, a to su uvjeti teži što je pozicija za koju traže kandidate bliža onakvima kakve traži i “industrija”. Iz ovog jasno proizlazi financijska penalizacija onog fundamentalnijeg u usporedbi s onim primjenjivijim.

Što se tiče postojećih fundamentalnih istraživanja, ona sve teže opstaju i nalaze financiranje te su prisiljena na udruživanje u sve veće kolaboracije, tzv. centre izvrsnosti i megalomanske projekte. Zajednički nastup daje im veću vidljivost te time veću šansu za osiguravanjem financiranja, ali i ekonomski su “interesantniji” jer obično zahtijevaju značajniju podršku i uključivanje gospodarskih subjekata. Takav oblik okrupnjivanja istraživanja opravdava se implicitno kao subvencioniranje gospodarstva, a ne kao zadatak po sebi, koji će dovesti do više ili boljih otkrića.

Nažalost, istraživanja u takvim mastodontima pate zbog visoke birokratiziranosti te uniformizacije ideja što je upravo suprotno onome što bi znanost treba njegovati: sloboda za razvoj što više novih ideja i raznovrsnih pristupa.

Iz priloženog može se uočiti, iako neizostavni dio STEM-a, fundamentalne prirodne znanosti u praksi imaju slične uvjete kao one discipline marginalizirane STEM-om: humanističke, društvene i umjetnost – ne mogu se slobodno baviti svojim predmetom već neprestano moraju dokazivati svoju “isplativost” i “korisnost”. Možda uzgred treba napomenuti i da jačanje tzv. kritičkog mišljenja počiva upravo na propitivanju postojećeg, razmatranju historijskog slijeda, analiziranju različitih pristupa... svemu onome što se tržišno karakterizira kao nepotrebno i neefikasno. Uostalom, da je toliko važan razvoj kritičkog mišljenja, onda bi svoje mjesto pod suncem našao i barem dio društveno-humanističkih područja kojima je kritika već u nazivu discipline, npr. književna kritika.

4 Put prema fundamentalnijem

Iako je u uvodu ovog teksta odbačen koncept da se do novih spoznaja i otkrića više ne dolazi zato što su sve (lako) dostupne spoznaje već “pobrane”, može se ista analogija iskoristiti da se zamisli kompleksniji scenarij da su vočke pobrane samo u dijelu voćnjaka u kojem trenutno obitavamo, ali da postoje neposječeni dijelovi voćnjaka koji se tek trebaju posjetiti i gdje nove spoznaje ponovno vise na niskim granama. To je koncept znanstvenih revolucija, koji nikako nije nov, štoviše proučavan je u različitim školama mišljenja, npr. [21], samo se čini da se danas ignorira ili banalizira, možda zbog uvjerenja da se nalazimo na “kraju povijesti”, nadmoćno, iznad svih ranijih perioda ljudske civilizacije? No takav stav može djelovati kao samoispunjavajuće proročanstvo te zbilja dovesti do “kraja”, ali ne povijesti već jednog društvenog ustrojstva koje će se urušiti u nemogućnosti da prevlada vlastite proturječnosti. Jedna od tih proturječnosti je ta da s jedne strane ovisi o neprekidnom gospodarskom rastu, koji može počivati jedino na novim idejama kad su svi ostali, materijalni resursi konačni, a s druge strane mehanizme stvaranja novih ideja, kao što su obrazovanje i temeljna znanost, sustavno zatire. Ali i čemu ekonomski rast? Empirija pokazuje da on nije uzročno-posljedično vezan s ostvarivanjem slobode mišljenja i razvoja pojedinca, kao niti postizanju društvenih jednakosti, dok čovjekov razvoj i Prirodu shvaća samo kao smetnju, a u najboljem slučaju jedan od resursa za eksploataciju.

Čovjek otkriva Prirodu kroz sve apstraktnije koncepte, koji su sve udaljeniji od neposrednih osjetila i zorova, a na što ukazuje sav dosadašnji razvoj znanosti. Najočitiiji primjeri za to su kvantna mehanika i opća teorija relativnosti. Nadalje, novi se koncepti ne pronalaze slučajno izvođenjem novih varijacija i posljedica ustaljenih teorija, već upravo propitivanjem istih, posjećivanjem “temelja” spoznaje. To se sigurno neće postići usmjeravanjem novih generacija u područje konkretnog i sve veće primjene, STEM i sličnim politikama, već upravo suprotno – usmjerenjem ka onom fundamentalnom i apstraktnom, povezujući i ujedinjujući znanosti s filozofijom i umjetnošću. Takav pristup, osim što može vratiti kvalitativni napredak znanosti 19. i prve polovice 20. stoljeća, omogućit će ljudima i lakše savladavanje aktualnih i budućih civilizacijskih izazova. Radi toga u školama treba poticati matematiku, prirodoslovlje, filozofiju i umjetnost, kao i druge temeljne discipline, izgrađujući svestrana ljudska bića. Ne ona koja bi što lakše služila tržištu, jer im ono ionako ne obećaje da će ih trebati kad završe svoje obrazovanje.

Literatura

- [1] Johan S. G. Chu and James A. Evans. Slowed canonical progress in large fields of science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(41), 2021.
- [2] Peter Cauwels and Didier Sornette. Are 'flow of ideas' and 'research productivity' in secular decline? *Technological Forecasting and Social Change*, 174:121267, 2022.
- [3] Tyler Cowen and Ben Southwood. Is the rate of scientific progress slowing down? *GMU Working Paper in Economics*, (21-13), 2019.
- [4] Robert J Gordon. *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War*. Princeton University Press, 2016.
- [5] Benjamin F Jones. The burden of knowledge and the 'death of the renaissance man': Is innovation getting harder? *The Review of Economic Studies*, 76(1):283–317, 2009.
- [6] John Timmer. Is scientific progress slowing? depends how you measure it. <https://arstechnica.com/science/2011/07/is-science-getting-harder-first-define-easy>, July 2011.
- [7] Nicholas Bloom, Charles I Jones, John Van Reenen, and Michael Webb. Are ideas getting harder to find? *American Economic Review*, 110(4):1104–44, 2020.
- [8] Bruce P Lanphear et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental health perspectives*, 113(7):894–899, 2005.
- [9] Ben Southwood. Scientific slowdown is not inevitable. <https://www.worksinprogress.co/issue/good-ideas-arent-getting-harder-to-find/>, Apr 2022.
- [10] Marilyn Strathern. 'improving ratings': audit in the british university system. *European review*, 5(3):305–321, 1997.
- [11] Herman E Daly and Joshua Farley. *Ecological economics: principles and applications*. Island press, 2011.
- [12] Dennis Meadows and Jorgan Randers. *The limits to growth: the 30-year update*. Routledge, 2012.

- [13] Heather B Gonzalez and Jeffrey J Kuenzi. Science, technology, engineering, and mathematics (stem) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress Washington, DC, 2012.
- [14] Matea Duhaček (HINA). Državni tajnik: Game dizajn u velikom je porastu i nudi prilike za sve kulturnjake. <https://www.tportal.hr/kultura/clanak/-drzavni-tajnik-game-dizajn-u-velikom-je-porastu-i-nudi-prilike-za-sve-kulturnjake-20220609>, Jun 2022.
- [15] Julia Black. SHAPE – A focus on the human world. <https://www.socialsciencespace.com/2020/11/shape-a-focus-on-the-human-world/>, Nov 2020.
- [16] Ministarstvo rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike. Godišnji plan objave Poziva na dostavu projektnih prijedloga OPULJPa. <http://www.esf.hr/europski-socijalni-fond/razdoblje-2014-2020/godisnji-plan-objave-operacijaprojekata-esf/>, 2019.
- [17] Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Pravilnik o uvjetima i načinu ostvarivanja prava redovitih studenata na državnu stipendiju u stem područjima znanosti. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_09_106_1553.html, Sep 2022.
- [18] Lana Kovačević. Kada vatrogasno rješenje postane trajno: Djece je sve manje, a hrvatske škole vape za nastavnicima fizike i matematike. www.vecernji.hr/vijesti/kada-vatrogasno-rjesenje-postane-trajno-djece-je-sve-manje-a-hrvatske-skole-vape-za-nastavnicima-fizike-i-matematike-1625457, Oct 2022.
- [19] Portal Studentski.hr. Porazno mali broj brucosa upisao nastavnički smjer fizike. <https://studentski.hr/studenti/vijesti/porazno-mali-broj-brucosa-upisao-nastavnicki-smjer-fizike>, Jul 2021.
- [20] M. Anthony Mills. U.S. Science Funding is Increasingly Biased Against Basic Science. https://www.realclearscience.com/articles/2020/09/26/us_science_funding_is_increasingly_biased_against_basic_science.html#!, Sep 2020.
- [21] Thomas S Kuhn. *The structure of scientific revolutions*. Chicago University of Chicago Press, 1970.

O Institutu za kozmologiju i filozofiju Prirode

Institut za kozmologiju i filozofiju prirode stručna je zajednica znanstvenika i istraživača, usmjerena prema fundamentalnim pitanjima materijalne stvarnosti i Svemira kao cjeline. Temeljni je cilj Instituta raditi na ostvarivanju uvjeta za slobodno, kritičko i misaono - prirodoslovno kao i filozofsko - ispitivanje Prirode koje bi bilo oslobođeno svakog oblika dogmatizma i mehaničkog slijeđenja dominantnih trendova kao i tržišnih pritisaka iskazanih bilo kroz nametanje tema istraživanja po utilitarnoj osnovi, bilo zamjenom sustavnog i kvalitetnog znanstvenog rada niskokvalitetnom hiperprodukcijom vođenom pukim bibliometrijskim kriterijima. Institut je posvećen promoviranju fundamentalnih istraživanja u teorijskoj fizici te ostvarivanju sinteze između teorijske fizike i filozofije, kao i povezivanju ostalih disciplina vezanih uz razumijevanje Prirode i čovjekovog odnosa prema njoj.

Djelatnosti Instituta iz područja teorijske fizike trenutno uključuju istraživanja iz fizikalne kozmologije, fizike gravitacije te visokoenergijske astrofizike. Filozofski interes Instituta leži prvenstveno u promišljanju izgradnje filozofije prirode putem kritičkog ispitivanja dosega, ograničenja te temeljnih pretpostavki prirodnih znanosti i njihovog odnosa prema filozofskim idejama, a u kontekstu šire misaone baštine prvenstveno Europe i Azije.

Osnovni oblici djelatnosti za ostvarivanje gore postavljenih ciljeva Instituta su – paralelno sa znanstvenim radom i objavljivanjem rezultata istraživanja u stručnim međunarodnim časopisima – izdavanje vlastitih publikacija te organiziranje konferencija, tribina, radionica i škola – uključujući i posebne skupove namijenjene diskusiji i međusobnoj edukaciji istraživača iz područja fizike i filozofije.

Institut kao zadaću od posebnog značaja vidi rad sa studentima i doktorandima fizike u cilju njihovog uvođenja u znanstvena istraživanja i stjecanja iskustva u pripremanju i objavljivanju znanstvenih radova, kao i rad sa studentima filozofije u cilju stvaranja otvorenog prostora filozofske diskusije, kao i njihovog upoznavanja s tehnikama i rezultatima suvremene fizike Svemira i teorijske fizike općenito.

Konačno, Institut se želi ostvariti kao aktivni dio društva i zajednice te promicatelj progresivnih tendencija, a ne kao izolirana akademska organizacija zatvo-

rena u odnosu na javnost. Zbog toga, ne samo povremeno i simplificirano predstavljanje pojedinih znanstvenih zanimljivosti javnosti – na što se danas uglavnom svodi popularizacija znanosti, već i niz kontinuiranih programa s ciljem približavanja znanstvenih rezultata i kritičkog mišljenja najširoj zajednici - posebno mladima - predstavljaju posebno važan oblik djelatnosti Instituta.



*Zvezdarnica i zgrada Kozmološkog centra u Križevcima u kojoj se nalazi sjedište Instituta
za kozmologiju i filozofiju prirode*

KOZMOLOGIJA

*časopis za kozmologiju
i filozofiju prirode*

Ciklički Svemir,

Petar Pavlović i Marko Sossich

Kosa crnih rupa,

Ivica Smolić

Teleparalelni ekvivalent opće teorije relativnosti,

Marko Sossich

O nekim problemima kozmologije i matematičke fizike,

L.C. Garcia de Andrade

Uvod u probleme teorijskog računarstva,

Ivan Radiček

Manifest za uspostavu Kozmologije

kao nove Filozofije Prirode

U slavu filozofije prirode: revolucija misli i života,

Nicholas Maxwell

Kako princip falsifikacije uništava znanost,

Petar Pavlović

Kritika temelja klasične i kvantne fizike - prvi dio,

Petar Pavlović

Indijska filozofija: O odnosu tekstualnog i duhovnog

znanja u tradiciji monističkog šivizma,

Boris Marjanović

Klasici filozofije: Nauka logike,

Georg Wilhelm Friedrich Hegel

Propadanje fundamentalne znanosti na logici tržišta:

slučaj STEM-a, Andrej Dundović