

FILOZOFIJSKA ANALIZA EMPIRIJSKIH TEMELJA SUVREMENE KOZMOLOGIJE

Novina, Marina

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Department of Croatian Studies / Sveučilište u Zagrebu, Hrvatski studiji**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:111:729088>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University of Zagreb, Centre for Croatian Studies](#)





Sveučilište u Zagrebu
HRVATSKI STUDIJI – STUDIA CROATICA

Marina Novina

**FILOZOFIJSKA ANALIZA
EMPIRIJSKIH TEMELJA
SUVREMENE KOZMOLOGIJE**

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Dr. sc. Stipe Kutleša

Zagreb, 2018.



University of Zagreb
CROATIAN STUDIES – STUDIA CROATICA

Marina Novina

**PHILOSOPHICAL ANALYSIS
OF THE EMPIRICAL FOUNDATIONS
OF CONTEMPORARY COSMOLOGY**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Dr. sc. Stipe Kutleša

Zagreb, 2018.

Sažetak

Suvremena kozmologija trenutno je jedno od najdinamičnijih i najzanimljivijih područja znanstvenog interesa koje se uglavnom poistovjećuje s fizikalnom kozmologijom. Temeljno pitanje ovoga rada, bitno i za znanost općenito, glasi: može li se na pitanja kozmosa odgovoriti tzv. čisto empirijskim putem ili se suvremena kozmologija ipak mora shvatiti šire? Odgovor na to pitanje tražimo na tri razine. Prvo, uvidom u povijesni razvitak kozmologije, s naglaskom na iskustvene temelje kozmologije, istražujemo narav odnosa filozofije i kozmologije i dublje promjene, tzv. migracije pojmova i transformacije pitanja, te dolazimo do zaključka da se komplementarnim pristupom može ponuditi barem potpuniji odgovor na pitanje kozmosa i da je filozofija potrebna kozmologiji u logičkom, epistemološkom i metafizičkom smislu. Drugo, analizom temelja suvremene kozmologije, tj. standardnoga kozmološkog modela (kozmoški princip, teorija relativnosti, potvrda širenja univerzuma, nukleosinteza velikoga praska i kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje) otkrivamo da su empirijske spoznaje o svemiru važne i brojne, ali da nisu posve cjelovite. To pak upućuje na tehnička i fundamentalna ograničenja suvremene kozmologije koja otvaraju niz znanstvenih i filozofijskih pitanja te vode do zaključka kako je, želimo li se barem približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa, potrebno izgraditi obuhvatniju kozmologiju koja bi uključivala i fiziku i filozofiju, što izravno upućuje na potrebu promišljanja načina funkcioniranja znanosti i tzv. statusa teorijske fizike i filozofije koje su pozvane na očuvanje vlastite autonomije, ali i na komplementaran pristup pitanju kozmosa. Konačno, kao treće, analizom temeljnih obilježja suvremene kozmologije, shvaćene kao empirijske discipline, uviđamo da se suvremena kozmologija uistinu suočava s više vrsta ograničenja; ograničenja tehničke naravi (koja će u budućnosti možda moći biti prevladana i s onima koja neće), ograničenja koja proizlaze iz naravi predmeta (načelna nemogućnost eksperimentiranja s kozmosom kao cjelinom) te ograničenja koja postavlja narav modela koji predstavljaju pertinentno spoznajno sredstvo suvremene znanosti. Tako isprepletenost i neodvojivost znanosti i filozofije glede pitanja kozmosa otkrivaju nužnost komplementarnog pristupa, ali i potrebu da se suvremena kozmologija shvati šire, kao znanstveno-filozofijska disciplina.

Ključne riječi: suvremena kozmologija, fizikalna kozmologija, empirijsko utemeljenje kozmologije, teorija relativnosti, kozmoški princip, nukleosinteza velikoga praska, kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje.

Summary

Modern cosmology is currently one of the most dynamic, most interesting, but also the most complex areas of scientific interest. Modern cosmology is today therefore most certainly an exceptionally significant scientific-philosophical discipline: most interesting, namely, because the topic of study is of interest to each and every person, from philosopher and scientist to poet and artist. We can single out several reasons for the extraordinary complexity and specificity of modern cosmology in relation to other sciences. On the one hand, modern cosmology cannot approach its subject by means of a particular method, but rather must study it on several levels, more so than other sciences would study their subjects. However, as an empirical discipline, modern cosmology is faced with a series of so-called technical limitations, some of which it will perhaps overcome in the future, but also those which it will never be able to overcome. On the other hand, the complexity and nature of its subject - a subject which is unique and which is a subject in the sense of scientific study, rather than a physical subject in the classical sense - makes modern cosmology different from all other sciences and causes it to be in confrontation with a series of fundamental and conceptual issues. For these reasons, modern cosmology is exposed to much criticism with regard to the possibility of its becoming an empirical science. A position of this kind is surely exaggerated, but it is also an exaggeration to expect that, given the nature of its subject and the limits of its own methods - i.e. the technical and fundamental constraints it faces - modern cosmology could ever be defined as a complete, i.e. exclusively empirical, discipline. Modern cosmology has to be understood more broadly, namely, as a scientific-philosophical discipline.

However, it is precisely this which makes modern cosmology attractive, interesting and extremely significant. On the one hand, modern cosmology creates a framework for all other sciences and in this sense must remain scientific, but on the other hand, modern cosmology opens a series of fundamental questions and creates a foundation for posing ultimate questions: questions on the beginnings, the question of meaning and the existence of everything that goes beyond „strictly“ scientific issues which, in addition, brings cosmology into a close connection with philosophy. Therefore, we can say that cosmology is very much needed precisely as a scientific-philosophical discipline, this being the path to an integral answer to the question of the cosmos. However, on this journey of convergence, science - especially theoretical physics and philosophy - must avoid such dangers as have emerged in recent times. It is the understanding of modern cosmology as a purely empirical discipline which creates tendencies

to redefine natural science by expanding the fundamental criterion of science. This, in turn, leads to statements on the death of philosophy and, ultimately, to the idea of responding to traditionally philosophical questions in the context of theoretical physics¹. The results of this process are bad science and bad philosophy which do not come at all close to an answer to the question of the cosmos. Therefore, if modern cosmology (or philosophy) wants to approach an integral response to the question of the cosmos, modern cosmology must avoid such dangers by preserving its autonomy, i.e. its identity as theoretical physics and as philosophy. This is achieved by means of mutual understanding, respect and a complementary approach to the question of the cosmos.

Attempts to redefine science and to distort the identity of theoretical physics and philosophy have put before us the fundamental question of this paper: how to understand modern cosmology if it is to come close to a complete response to the question of the cosmos? More precisely, can modern cosmology be identified with physical (i.e. empirical) cosmology or should it be understood more broadly? That is, can modern cosmology respond to the question of the cosmos in a purely empirical way? Finding answers to this question has opened three levels of research the results of which comprise the content of three chapters of this paper.

The aim of the first chapter entitled *The Experiential Bases and Development of Cosmological Thought* is manifold. It begins with a systematic review of the development of the most significant cosmological thought and theories with an emphasis on the experiential foundations of cosmology: namely, from the development of cosmological ideas as a kind of philosophical response to the question of the cosmos, to the so-called contemporary answers to cosmological questions in the context of modern cosmology understood as an empirical discipline. An emphasis is placed on instances of opening philosophical or scientific issues which are topics, or rather, problems in contemporary cosmological reflection, and the primary and common interests of philosophers and physicists, which point to the interdependence and inseparability of philosophical empirical problems regarding the question of the cosmos on the metaphysical, logical and epistemological levels. The first part of this paper includes a review of the deeper changes, i.e. the background of the development of cosmological thought in which we see the „migration“ and „evolution“ of fundamental concepts that are at the core of the transformation of philosophical into scientific questions and *vice versa*. In this sense, we reply to the following

¹ See: Hawking & Mlodinow, 2010.

questions: what is the meaning of transforming the question from a philosophical to a scientific one? What is scientificity? Can we ultimately answer the question of the cosmos in a purely empirical way? The first level of research contributes to an understanding of the content, the problems and concepts used by the discipline, to the understanding of the transformation of philosophical into scientific issues, and to the clarification of the nature of the relationship between philosophy and cosmology through history which is significant for an understanding of modern cosmology, especially when theoretical physics has to preserve its own identity. In this way, an insight into the relationship between philosophy and cosmology throughout history reveals that a complete answer to the question of the cosmos cannot be approached from only one perspective. Only a complementary approach can offer a more complete answer to the question of the cosmos, and in this sense philosophy requires cosmology in the logical, epistemological and metaphysical sense.

In the second part of this paper titled *Modern Cosmology*, we analyze the foundations of modern cosmology defined as an empirical discipline which is largely identified with the standard cosmological model, currently the best description of the cosmos. Although the title of this paper suggests an analysis of the empirical foundations of modern cosmology, previous research has shown that the theoretical and empirical foundations of modern cosmology cannot be explicitly separated. Therefore, in this section, we analyze theoretical assumptions and empirical confirmation which are the basis of modern cosmology and the basic features of the standard cosmological model (cosmological principle, theory of relativity, universe expansion, Big Bang nucleosynthesis, cosmic microwave background radiation). By analyzing the foundations of contemporary cosmology we find that empirical knowledge about the universe is important and abundant, but not entirely complete. The basic components of the standard cosmological model point to the so-called boundaries of modern cosmology, the technical and fundamental constraints of modern cosmology which open a series of scientific and philosophical questions and lead to the conclusion that, if we want to at least come close to a complete response to the question of the cosmos, we need to build a more comprehensive cosmology which would include both physics and philosophy. Modern cosmology is philosophical by nature, and this is revealed in the large number of open issues of the standard cosmological model. This directly points to the need for considering ways in which science is functioning and to the identities of theoretical physics and philosophy which are called upon to preserve their own autonomy, but also to the complementary approach to the question of the cosmos. Namely, an answer to the question of the cosmos can only be offered by means of a

complementary approach by science and philosophy in which theoretical physics and philosophy have their own autonomy and identity. In this sense, modern cosmology confronts us with two demands. The first relates to an understanding of the functioning of normal science, and the second to the preservation of the identity of theoretical physics. The nature of theory, the language of mathematics or of models suggests that the theoretical and the empirical are necessarily connected in science, which does not mean that physics excludes the notion of reality, i.e. it does not exclude the concept, but rather limits it to the reality of the physical level, leaving space to other sciences for research at other levels. Although none of the theories presuppose that their objects are sensations or smells, but physical systems, still the scientist at least hopes that his theories have real-life objects and, unlike metaphysicians, scientists check their theories in opposition to observational data. This is the nature of theoretical physics while, with respect to the functioning of science and the nature of theoretical physics, the great task of philosophy is precisely the questioning and preservation of a valid philosophy of science. This task leads us to the third level of this research.

In the third part of the paper entitled *Modern Cosmology – An Empirical Discipline*, we highlight some of the fundamental features of science which point to the specificity of modern cosmology in relation to the fundamental criterion of scientificity, i.e. testability of the theory and/or models by means of empirical content (in terms of falsification or verification of the hypothesis) with the aim of exploring how comprehensive answers to the question of the cosmos can be offered by modern cosmology when defined as an empirical discipline, which cosmologists themselves place in the context of Popper's scientific realism. In this regard, we have critically examined the defining of modern cosmology as an empirical discipline and its specificity in relation to: the fundamental features of science and the so-called criterion of scientificity; the empirical method which is mainly considered as the basis of empirical science; experiment and perception as the fundamental tools for acquiring empirical foundations which, since theories are changing, are at the very core of what we call science; models as the fundamental instrument of modern cosmology. However, we have also warned against the so-called „broad context“. In the appropriate places we have highlighted the so-called „great questions“(philosophical questions which science faces in general) in the forms in which they are found in the context of modern cosmology: the uniqueness of the universe, the question of scope and the limits of science (in terms of models, laws, measurements etc.). We concluded the third part of the paper with an invitation to a complementary relationship between science and philosophy on the question of the cosmos, and we emphasized the importance of philosophy

for science, especially that of physics and modern cosmology. Arguments and open questions arising from a critical review of the definition of modern cosmology considered as an empirical discipline are recognized in the second part of the paper as an invitation to a complementary approach between science and philosophy to questions of the cosmos. Namely, cooperation between philosophy and science, philosophy and cosmology, may seem contradictory and unachievable, but the idea of complementarity opens the space for divergent reasoning. Complementarity calls for a different understanding of research, that is, if the subject of research cannot be recognized from all levels and from all perspectives at the same time, this does not mean that the subject cannot be recognized at all, but only that it can be recognized under certain conditions. Therefore, the principle of complementarity should be extended to the relationship between science and philosophy with the aim of bringing about a more complete understanding of the cosmos. However, theoretical physics and philosophy can assist in approaching a complete answer to the question of the cosmos, only if they do not forget their identity: theoretical physics its origins in physics, and philosophy its creative, critical, analytical, and illuminating role. Only in this way - by not forgetting the flashlight or the measuring tape – can modern cosmology penetrate into the mystery of the cosmos.

Since this research involves insight into the historical development of cosmological thought, an analysis of the foundations of modern cosmology, a reflection on the challenges facing theoretical physics and philosophy regarding questions of the cosmos and a critical review of the definition of modern cosmology understood as an empirical discipline, we consider it justifiable to conclude that a complete answer to the question of the cosmos cannot be given in a purely empirical way. Namely, the analysis of modern cosmology's specifics reveals that modern cosmology necessarily contains both scientific and philosophical elements; faces a series of technical and fundamental constraints and is ultimately forced into so-called „philosophical choices“. It is philosophical in nature and is not a purely scientific discipline. This philosophicality, but also the nature of its subject, invokes knowledge of its own limits and knowledge of philosophy and, ultimately, a complementary approach to the questions of the cosmos. Contemporary cosmology must be understood as a scientific-philosophical discipline. Only a complementary approach, a fusion of physical (i.e. empirical) cosmology and the philosophy of cosmology can allow cosmologists and philosophers to access more complete answers to questions of the cosmos. Therefore, modern cosmology should include physical cosmology (i.e. empirical) and the philosophy of cosmology. Moreover, if we understand „modernity“ as always aspiring to a more precise and complete answer to questions posed (in

this case, the question of the cosmos), then, on the basis of this research, it can be concluded that the „modernity“ of modern cosmology is manifested precisely in its aspirations and efforts toward the formation of a more comprehensive cosmology.

Key words: modern cosmology, physical cosmology, empirical foundations of cosmology, theory of relativity, cosmological principle, Big Bang nucleosynthesis, cosmic microwave background radiation

Sadržaj

Sažetak	1
Summary	2
Sadržaj	8
Korištene kratice	12
UVOD	13
I. ISKUSTVENI TEMELJI I RAZVOJ KOZMOLOŠKE MISLI	21
1. Od prvih kozmoloških misli do mito-kozmozologija	21
2. Grčka kozmološka misao	24
2.1. Prva znanstvena revolucija	24
2.2. Postavljanje broja u odnos s materijalnom stvarnošću	27
2.3. Otvaranje pitanja temeljnih sastavnica stvarnosti	28
2.4. Ideja geometrijske strukture kozmosa	29
2.5. Početak dominacije geocentričnih modela	30
3. Kozmološke ideje i pitanja srednjovjekovlja	32
3.1. Prva stoljeća srednjovjekovlja	33
3.2. Prodor Aristotelove filozofije na kršćanski Zapad	33
3.3. Odvajanje od Aristotelove filozofije	35
4. Novovjekovno razdoblje – dominacija heliocentrizma	37
4.1. Kopernikanski obrat	37
4.2. O novoj zvijezdi	40
4.3. Kraj cirkularnosti	41
4.4. Knjiga prirode ispisana jezikom matematike	44
4.5. Teorija vrtloga	46
5. Newtonovo razdoblje	48
5.1. Na ramenima divova ili teorija gravitacije	48
5.2. XVIII. i XIX. stoljeće	52
5.2.1. Zvijezde stajačice	52
5.2.2. Evolucijska perspektiva	53
5.2.3. Olbersov paradoks	55
5.2.4. Spektroskopija	56

5.2.5.	<i>Termodinamika i gravitacija</i>	57
5.2.6.	<i>Velika debata</i>	58
6.	O transformaciji pitanja, „migraciji pojmova“ i znanstvenosti.....	59
II.	SUVREMENA KOZMOLOGIJA	70
1.	Formiranje suvremene kozmologije – nekoliko naglasaka.....	71
1.1.	Suvremena podjela kozmologije i povezana pitanja	71
1.2.	Dvije prekretnice	72
1.3.	Dvije teorije.....	72
1.4.	O početku suvremene kozmologije	73
2.	Standardni kozmološki model	74
3.	Teorijski temelji suvremene kozmologije.....	76
3.1.	Teorija relativnosti	77
3.1.1.	<i>Specijalna teorija relativnosti – svjetlost i prostor-vrijeme</i>	78
3.1.2.	<i>Opća teorija relativnosti – gravitacija</i>	83
3.1.3.	<i>Neeuklidske geometrije</i>	84
3.2.	Kozmološki princip	87
4.	Empirijski temelji suvremene kozmologije	92
4.1.	Hubbleov zakon – širenje svemira	93
4.1.1.	<i>Razumijevanje svojstava zvijezda</i>	94
4.1.2.	<i>Ustroj velikih struktura</i>	95
4.1.3.	<i>Metode mjerenja udaljenosti</i>	96
4.1.4.	<i>Crveni pomak</i>	98
4.1.5.	<i>Hubbleov zakon</i>	98
4.1.6.	<i>Otvorena pitanja</i>	99
4.2.	Nukleosinteza Velikoga praska	100
4.3.	Kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje.....	105
4.3.1.	<i>Inflacija</i>	108
4.3.2.	<i>Razvoj ranog univerzuma i otvorena pitanja</i>	109
5.	Standardni kozmološki model – otvorena pitanja.....	111
5.1.	O normalnoj znanosti	120
5.2.	O teorijskoj fizici i filozofiji.....	122
III.	SUVREMENA KOZMOLOGIJA – EMPIRIJSKA DISCIPLINA.....	130

1.	Suvremena kozmologija – empirijska disciplina	131
1.1.	Određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline	131
1.2.	Empirijska znanost – temeljna obilježja.....	134
1.2.1.	<i>Cilj znanosti i empirijsko utemeljenje</i>	138
1.2.2.	<i>Znanstvena metoda i empirijsko utemeljenje.....</i>	140
1.2.3.	<i>Empirijsko utemeljenje</i>	142
1.3.	Suvremena kozmologija – na Popperovoj liniji	145
2.	Empirijska metoda	147
2.1.	Eksperiment.....	148
2.1.1.	<i>Jedinstvenost kozmosa.....</i>	150
	<i>Nemogućnost eksperimentiranja</i>	151
	<i>Jedan predmet</i>	152
	<i>Pitanje vjerojatnosti</i>	153
	<i>Pitanje zakona</i>	155
2.1.2.	<i>Multiverzum.....</i>	157
2.2.	Opažanje.....	161
2.2.1.	<i>Indukcija</i>	162
2.2.2.	<i>Objektivnost.....</i>	165
2.2.3.	<i>Distinkcija promotrivo/nepromotrivo.....</i>	167
	<i>Astronomska opažanja</i>	168
	<i>Opažanje bližih objekata</i>	169
	<i>Dokazi iz lokalne fizike.....</i>	170
2.3.	Ograničenja suvremene kozmologije	172
3.	Modeli.....	175
3.1.	Određenje i vrste modela.....	177
3.2.	Kozmološki modeli	178
3.2.1.	<i>Dvostruka uloga ili metodološka neodvojivost.....</i>	179
3.2.2.	<i>Pododređenost teorije podacima i opterećenje opažanja teorijom.....</i>	179
3.2.3.	<i>Klasifikacija kozmoloških modela</i>	182
3.2.4.	<i>O naravi modela i implikacijama</i>	185
4.	Komplementarnost filozofije i znanosti.....	188

O filozofiji i suvremenoj kozmologiji	192
Zaključak	197
Literatura	207
Životopis	218

Korištene kratice

FLRW	Friedmann – Lemaître – Robertson – Walker
KMPZ	Kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje Cosmic Microwave Background Radiation – CMBR
KP	Kozmološki princip Cosmological Principle – CP
NVP	Nukleosinteza velikoga praska Big Bang Nucleosynthesis – BBN
OTR	Opća teorija relativnosti General Relativity – GR
PPR	Površina posljednjeg raspršenja Last Scattering Surface – LSS
SKM	Standardni kozmološki model Standard Cosmological Model – SCM
STR	Specijalna teorija relativnosti Special Theory of Relativity – STR
TR	Teorija relativnosti Theory of Relativity – TR
TVP	Teorija velikoga praska Big Bang Theory – BBT

UVOD

Kozmologija je oduvijek bila neizostavna sastavnica čovjekova promišljanja o svijetu. Pitanja o kozmosu i čovjekovom mjestu u njemu, tzv. problem kozmologije, problem je razumijevanja svijeta koji uključuje nas same i naše znanje kao dio toga svijeta². Kozmologija se ubraja među temeljne ljudske interese. Odgovori na pitanja o kozmosu tijekom povijesti dolazili iz više perspektiva, osobito iz filozofijske. No, u novije vrijeme, točnije posljednjih sto godina, odgovori na pitanja o kozmosu uglavnom dolaze iz konteksta suvremene kozmologije određene kao fizikalne (empirijske) discipline. Stoga postoji tendencija suvremenu kozmologiju shvatiti isključivo kao fizikalnu kozmologiju, a filozofiji odreći relevantnost u kontekstu rasprave velikih kozmoloških pitanja. Štoviše, postoji tendencija smatrati da teorijska fizika može ponuditi odgovor na tradicionalno filozofijska pitanja, a filozofiju proglasiti mrtvom. Kako to čine npr. S. Hawking, L. Mlodinow, M. Rees, L. Krauss i dr.³ koji smatraju da teorijska fizika dovoljno razjašnjava vlastite pojmove, ali i da se temeljnim kriterijem znanstvenosti može smatrati ljepota matematičke teorije. U tom smislu, cilj je ovoga rada propitati treba li se (zašto i na temelju čega) suvremena kozmologija shvatiti šire, odnosno može li se suvremena kozmologija ograničiti isključivo na kontekst fizikalne kozmologije ili se u obzir mora uzeti i filozofiju. Naime, neupitno je da je suvremena kozmologija danas jedno od najzanimljivijih područja prirodne znanosti⁴. No, brojna otvorena pitanja o kozmosu otkrivaju i tzv. ograničenja suvremene kozmologije, ali i sam kozmos kao toliko specifičan i zagonetan predmet koji, štoviše, uopće nije predmet u klasičnom smislu te riječi, što ima posljedice za razumijevanje i empirijske znanosti, posebice suvremene kozmologije. Ipak, znanost, poglavito teorijska fizika i filozofija imaju svoje specifičnosti i autonomiju te su u tom smislu potrebni i znanstveni i filozofijski naponi, tzv. komplementaran pristup, kako bi se kozmos upoznalo i razumjelo u cjelovitosti – štoviše suvremenu kozmologiju je potrebno shvatiti šire.

Prirodnoznanstvenici nedvojbeno pokušavaju ponuditi odgovore na kozmološka pitanja. No, propitivanja filozofijskih aspekata suvremene kozmologije dolaze uglavnom od kozmologa, barem od onih koji priznaju postojanje tih aspekata, a ne od filozofa⁵. To je sigurno još jedan

² Usp. Popper (2002b), xviii.

³ Vidi: Stenger, Lindsay & Boghossian, 2015.

⁴ Usp. Vujnović (2010), 5; Butterfield (2012), 3.

⁵ Usp. Smeenk (2013), 2. (tekst navodimo prema pdf verziji preuzetoj s poveznice navedene u popisu literature); Agazzi, 1991.

od razloga zašto se čini da se suvremena kozmologija može razumjeti kao fizikalna kozmologija, odnosno odrediti isključivo kao empirijska disciplina. No, znači li to da nema filozofijskih pitanja ili da filozofijska pitanja prestaju biti filozofijskim pitanjima ako se njima bave fizičari? Naravno da ne znači. Naprotiv, odricanje relevantnosti filozofiji u istraživanju i raspravi o pitanju kozmosa i svođenje suvremene kozmologije na fizikalnu kozmologiju na koncu zahtijeva redefiniranje pojma empirijske znanosti. Stoga smo u kontekstu suvremene kozmologije, možda više nego ikada prije, pozvani na dublje promišljanje odnosa empirijskog, teorijskog i filozofijskog u znanosti, posebice u suvremenoj kozmologiji. Naime, uvijek je postojala opasnost nerazumijevanja opreka fizikalno/filozofijsko i empirijsko/teorijsko koje su zapravo poziv na komplementaran pristup istraživanju stvarnosti. Za suvremenu kozmologiju važno je ne zaboraviti da fizikalno svoje utemeljenje u konačnici traži u empirijskom, a filozofijsko ne, no to ne znači da je riječ o dva međusobno isključiva pojma ili da ih se može poistovjetiti. U tom smislu, u znanosti su empirijsko i teorijsko međusobno isprepletene pa i neodvojive stvarnosti, ali teorijska fizika na koncu uvijek traži empirijsko utemeljenje. Fizikalno, filozofijsko, empirijsko i teorijsko su potrebni za približavanje cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa jer su isprepleteni, pa i neodvojivi, ali su i različiti. To je značajna napomena jer u kontekstu suvremene kozmologije postoji tendencija napuštanja empirijskoga utemeljenja kao kriterija znanstvenosti u prilog ljepote matematičke teorije što može dovesti do poistovjećivanja fizikalnog i filozofijskog, odnosno teorijske fizike i filozofije. Tako se izravno odriče relevantnost filozofije i zapravo lošom filozofijom započinje opasan put redefiniranja pojma empirijske znanosti (npr. prijedlog multiverzuma). Stoga je važno odgovoriti na pitanje o tzv. statusu teorijske fizike, odnosno o identitetu teorijske fizike i filozofije i različitosti zadaća filozofije i fizike. Naime, posljedice površnosti glede razumijevanja identiteta teorijske fizike, kako to ističe Rovelli⁶, odražavaju se na znanost općenito, posebice na teorijsku fiziku, odnosno na suvremenu kozmologiju i na filozofiju. Ovaj je rad neznatan doprinos istraživanju toga pitanja.

Prije uvodnoga pregleda strukture ovoga istraživanja ukratko se osvrćemo na recentna istraživanja na području razvoja kozmološke misli i teorija te prikaza suvremene kozmologije i filozofije kozmologije. Uzevši općenito, razvoj kozmološke misli i teorija iscrpno su istraženi. Pertinentna istraživanja mogu se pronaći u kontekstu povijesti astronomije (npr. Pecker, 2001), među prikazima razvoja kozmološke misli i teorija (npr. Munitz, 1957; H. Kragh, 2007) ili u

⁶ Vidi: Rovelli, 2014b.

kontekstu tematiziranja relevantnih „užih“ tema (npr. Neugebauer, 1969). Postojeća istraživanja pokrivaju zaista brojne teme iz cjelokupnoga povijesnoga razvoja kozmološke misli i teorija, od prvih (filozofijskih) promišljanja o kozmosu (npr. Thurston, 1996; Couprie, 2011) pa do sedamdesetih godina XX. stoljeća. Posljednjih pedesetak godina uglavnom je prikazano u sklopu raznih uvoda u suvremenu kozmologiju, ili u okviru radova koji problematiziraju neke specifične teme suvremene kozmologije (npr. Planinić, 2005; Petković, 2006; Vujnović, 2009; Vujnović, 2010).

Sustavna istraživanja filozofijskih aspekata suvremene kozmologije još su uvijek nedostatna. Istraživanja novijega datuma koja idu u tom smjeru su radovi G. F. R. Ellisa (2006b, 2014) i C. Smeenka (2013)⁷. Razlozi tomu zasigurno su višestruki. Oblikovanje kozmologije u empirijsku disciplinu (tzv. suvremena kozmologija), iako traje već sto godina, još uvijek nije dovršeno. Stoga brojna pitanja suvremene kozmologije predstavljaju zahtjevnu, ali i povijesno gledano još uvijek otvorenu temu. Zbog toga filozofi često takva područja ostavljaju po strani pred nekim drugim filozofijskim temama. Ipak, u posljednjih nekoliko godina odnos filozofije i suvremene kozmologije počeo se tematizirati nešto više. Možemo reći kako je suvremena kozmologija postala iznimno signifikantno znanstveno područje, no to nikako ne znači kako se time umanjio značaj filozofije za razvoj kozmološke misli⁸. Dapače, suvremena kozmologija je poticaj na filozofiju⁹. U tom smislu na zajednička istraživanja kozmoloških problema, iz empirijske i filozofijske perspektive, pozivaju brojni autori, ali i sama tematika (ističu to npr. Leslie, 1998; Petković 2006, 2007 itd).

Nadalje, o nekim specifičnim filozofijskim pitanjima i problemima suvremene kozmologije ipak se pisalo i piše. Od početaka suvremene kozmologije do danas istraživanja tih pitanja su se opsegom proširila. Među problematiziranim filozofijskim pitanjima nalazimo pitanja prostora, vremena, tvari, homogenosti tvari, kozmološke konstante, kozmološkog principa, filozofijskih implikacija opće teorije relativnosti, kozmoloških modela i teorija ili pitanja granica verifikacije, odabira modela, pitanje multiverzuma itd¹⁰. Među navedene teme može se

⁷ Usp. Zinkernagel (2014), 1–2. Iako postoje radovi s naslovima koji bi mogli sugerirati da je riječ o sustavnom pregledu spomenute tematike, ipak je uglavnom riječ o istraživanjima jednog ili nekoliko izdvojenih filozofijskih aspekata. Npr. Harré, 1962; Davidson, 1962; Agazzi 1991.

⁸ Takvo stajalište zauzimaju npr. Ellis, 2014; McMullin, 1998; Zinkernagel, 2014; Kragh, 2014b; Taylor, 2013; Smeenk, 2013. itd.

⁹ Parafraza je to naslova poglavlja. Vidi Butterfield (2012), 3.

¹⁰ Vidi: Dirac, 1973; Harré, 1962; Ellis, 2007, 2013; Agazzi, 1991; Pauri, 1991; Romero, 2011; Weinberg, 1989. itd.

svrstati i tema ovoga rada. Sustavna filozofijska analiza empirijskih temelja suvremene kozmologije, koliko nam je poznato, ne postoji. Ipak korektno je istaknuti da su neki autori svratili pozornost na filozofijske implikacije i otvorena pitanja u odnosu na empirijske temelje suvremene kozmologije (npr. Clark, 1999; Munitz, 2006; Heller 2013a; Ellis, 2014).

Rad je podijeljen na tri dijela u kojima se pitanju određenja suvremene kozmologije kao empirijske znanosti prilazi na više razina nastojeći odgovoriti na temeljno pitanje ovoga rada: može li suvremena kozmologija na pitanje kozmosa ponuditi cjelovit odgovor kao isključivo empirijska disciplina ili se suvremena kozmologija mora shvatiti šire? Pri dio nosi naslov *Iskustveni temelji i razvoj kozmološke misli*. Cilj prvoga dijela je višestruk. Iznijeti sustavan pregled razvoja najvažnijih kozmoloških promišljanja i teorija što pridonosi razumijevanju sadržaja, problema i pojmova kojima se disciplina koristi, ali i razumijevanju transformacije filozofijskih u znanstvena pitanja, a tako se, prema Popperu, otkriva rast i napredak znanosti¹¹. Na taj se način ujedno rasvjetljuje narav odnosa filozofije i kozmologije kroz povijest koja ima reperkusije i na razumijevanje suvremene kozmologije. Stoga se u ovom dijelu iz brojnih istraživanja povijesti kozmologije izdvaja kratak prikaz razvoja kozmološke misli i teorija, od razvoja kozmoloških ideja kao vrste filozofijskog odgovora na pitanje kozmosa sve do tzv. suvremenih odgovora na kozmološka pitanja u kontekstu suvremene kozmologije shvaćene kao empirijske discipline. U tom vidu izdvajaju se i najsignifikantnije prijelomne točke u razvoju kozmološke misli i teorija, a naglasak se stavlja na trenutke otvaranja filozofijskih ili znanstvenih pitanja koja su teme, tj. problemi i suvremenih kozmoloških promišljanja. Štoviše, te se teme (poput pitanja tvari ili naravi modela) pokazuju kao zajedničko interesno područje filozofa i kozmologa – filozofi i fizičari ih često smatraju svojim primarnim interesima, a upućuju na isprepletenost pa i neodvojivost filozofijskih od empirijskih problema u pitanju kozmosa, i to na metafizičkoj, logičkoj i epistemološkoj razini. Prvi dio rada završavamo s osvrtom na dublje promjene, tj. pozadinu razvoja kozmološke misli u kojoj uočavamo „migracije“ i „evoluciju“ temeljnih pojmova koji se nalaze u srži transformacije filozofijskih u znanstvena pitanja i obrnuto te odgovaramo na sljedeća pitanja: što znači transformirati pitanje iz filozofijskog u znanstveno? Što je znanstvenost? I može li se u konačnici na pitanja kozmosa odgovoriti čisto empirijskim putem? Na koncu, smatramo da već sam uvid u odnos filozofije i kozmologije kroz povijest otkriva kako se cjelovitim odgovoru na pitanje kozmosa ne može približiti samo iz jedne perspektive.

¹¹ Usp. Lelas (2000), 7.

Drugi dio pod naslovom *Suvremena kozmologija* analizira temelje suvremene kozmologije koja se, određena kao empirijska disciplina, uglavnom poistovjećuje sa standardnim kozmološkim modelom, trenutno najboljim opisom kozmosa. Radi odgovora na pitanje trebamo li suvremenu kozmologiju shvatiti šire istražujemo obilježja temelja suvremene kozmologije, što nam ona kažu o mogućnosti nekog tzv. čisto empirijskoga utemeljenja suvremene kozmologije i o ostvarenju suvremene kozmologije kao isključivo empirijske discipline, ukoliko ona želi ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa ili mu se barem približiti. Naslovom ovoga rada predložena je analiza empirijskih temelja suvremene kozmologije, no budući da su prethodna istraživanja pokazala kako se teorijski i empirijski temelji suvremene kozmologije mogu samo načelno odvojiti, u ovom dijelu rada analiziramo teorijske pretpostavke i empirijske potvrde koje predstavljaju temelje suvremene kozmologije. Riječ je o iznimno složenoj cjelini koja ocrtava temeljna obilježja standardnoga kozmološkog modela, upućuje na tzv. granice suvremene kozmologije i na brojnim razinama otvara cijeli niz znanstvenih i filozofijskih pitanja, tzv. otvorenih pitanja standardnoga kozmološkog modela. Oboje nas pak vodi do zaključka da se odgovor na pitanje kozmosa može ponuditi jedino komplementarnim pristupom znanosti i filozofije u kojem i teorijska fizika i filozofija čuvaju vlastiti identitet, ali i da se suvremenu kozmologiju treba shvatiti šire. Radi toga je ovaj dio rada podijeljen na pet poglavlja. Prvo poglavlje donosi nekoliko napomena o suvremenoj kozmologiji i njezinim počecima. Drugo poglavlje donosi kratak uvid u temeljna obilježja standardnoga kozmološkog modela kao trenutno općeprihvaćenog najboljeg opisa univerzuma. U trećem poglavlju analiziramo teorijske postavke suvremene kozmologije, teoriju relativnosti i kozmološki princip te govorimo o njihovim znanstveno-filozofijskim implikacijama. U četvrtom poglavlju analiziramo empirijske temelje suvremene kozmologije, tzv. tri stupa suvremene kozmologije: Hubbleov zakon, tj. potvrdu širenja svemira, nukleosintezu velikoga praska i kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje te govorimo o njihovim znanstveno-filozofijskim implikacijama. Drugi dio rada završavamo osvrtom na niz otvorenih pitanja suvremene kozmologije na koja se traži odgovor iz znanstvene i iz filozofijske perspektive, a koja u kontekstu suvremene kozmologije aktualiziraju barem dva dodatna pitanja: kako funkcionira tzv. normalna znanost i koji je tzv. status teorijske fizike i filozofije.

Treći dio, naslovljen *Suvremena kozmologija – empirijska disciplina* izdvaja neka od temeljnih obilježja znanosti na kojima se uočava specifikum suvremene kozmologije. Cilj određenja specifikuma suvremene kozmologije je otkriti koliko cjelovite odgovore na pitanja o kozmosu

možemo ponuditi iz konteksta suvremene kozmologije koja se određuje kao empirijska disciplina i, od samih kozmologa, smješta u kontekst Popperova znanstvenog realizma. Pod specifikumom suvremene kozmologije mislimo na posebnosti (prednosti ili teškoće) s kojima se druge empirijske discipline ili ne susreću ili ih obilježavaju u znatno manjoj mjeri a odnose se na temeljni kriterij znanstvenosti, tj. provjerljivost (*testability*) teorije ili/i modela empirijskim sadržajem (u smislu falsifikacije, ali i verifikacije hipoteza). Stoga ovaj dio rada dijelimo na četiri poglavlja u kojima se ističu posebnosti suvremene kozmologije, koje ju suočavaju s granicama tehničke i fundamentalne naravi, a čine je i filozofičnom. Prvo se poglavlje odnosi na određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline i njezin specifikum u odnosu na temeljna obilježja znanosti i tzv. kriterij znanstvenosti. Drugo poglavlje posvećeno je empirijskoj metodi koja se uglavnom smatra osnovom izvornosti suvremene (empirijske) znanosti. U tom smislu, izdvajamo posebnosti suvremene kozmologije u odnosu na eksperiment i opažanje kao temeljne alate za stjecanje empirijskog utemeljenja koje, budući da se teorije mijenjaju, predstavlja samu srž onoga što nazivamo znanstvenošću¹². Nadalje, budući da modeli predstavljaju temeljni instrument suvremene kozmologije, treće poglavlje ovoga dijela ističe modele i specifikum suvremene kozmologije u tom kontekstu. Uzeto u cjelini, ovaj dio rada okrenut je uglavnom tehničkim pitanjima koja predstavljaju sržne odrednice suvremene kozmologije, a pomažu nam razlučiti mogućnost ili nemogućnost ostvarenja suvremene kozmologije čisto empirijskim putem¹³. Nadalje, s obzirom na to da je, kada je u pitanju filozofija suvremene kozmologije, gotovo nemoguće zaobići tzv. „širi kontekst“, na prikladnim mjestima u ovom dijelu rada naglasak se stavlja na neka od tzv. „velikih pitanja“ (filozofijska pitanja s kojima se susreće znanost općenito), ali u oblicima u kojima ih nalazimo u kontekstu suvremene kozmologije. Riječ je o temama kao što su: jedinstvenost univerzuma, pitanje dometa i granica znanosti (s obzirom na modele, zakone, mjerenja itd.). Treći dio rada završava kratkim osvrtom, tj. pozivom na komplementaran odnos znanosti i filozofije glede pitanja kozmosa te naglaskom na značaj filozofije za fiziku i suvremenu kozmologiju.

Konačno, glede specifičnih doprinosa ovoga rada treba istaknuti sljedeće. Temeljno pitanje ovoga istraživanja glasi: može li se suvremenu kozmologiju shvatiti kao isključivo empirijsku disciplinu ili se suvremena kozmologija mora shvatiti šire ukoliko se želi približiti cjelovitom

¹² Usp. Rovelli, 2014a.

¹³ Vidi npr. Harré, 1962; Ellis, 2006b; Ellis, 2014; Zinkernagel, 2014.

odgovoru na pitanje kozmosa? U tom smislu postavili tri hipoteze. Prva kaže da nije moguće odvojiti empirijsko od filozofijskog pitanja kozmosa. Druga kaže da postoji isprepletenost i potreba za komplementarnim pristupom filozofije i znanosti u brojnim pitanjima suvremene kozmologije. Treća kaže da za razumijevanje naravi svoga utemeljenja suvremena kozmologija u obzir mora uzeti filozofiju. Riječi C. F. von Weizsäckera, da znanost za razliku od filozofije ne stavlja sama sebe u pitanje,¹⁴ i razmišljanje N. Bohra o tome kako se znanost i filozofija ne mogu odvojiti jedna od druge bez narušavanja cjeline, odnosno cjelovite spoznaje zbiljnosti, okosnice su takvoga stajališta. A potvrda istaknutih hipoteza temelj je valjanom zaključku da se suvremenu kozmologiju može i mora shvatiti šire, odnosno da je filozofija pertinentna za suvremenu kozmologiju kao empirijsku disciplinu. Traženje odgovora na temeljno pitanje zahtijevalo je otvaranje triju razina istraživanja koja predstavljaju tri dijela ovoga rada u kojima se očituju specifični doprinosi filozofiji i znanosti, poglavito filozofiji suvremene kozmologije, filozofiji znanosti i suvremenoj kozmologiji, ali i znanstvenim disciplinama po nekim obilježjima bliskima suvremenoj kozmologiji. Tako je prvo uvidom u povijesni razvitak kozmologije, s naglaskom na iskustvene temelje kozmologije, osvjetljena narav odnosa filozofije i kozmologije, odnosno dublje promjene, tzv. migracije pojmova i transformacije pitanja što je dovelo do uočavanja isprepletenosti i neodvojivosti filozofije i znanosti glede pitanja kozmosa. Štoviše, uočen je i značaj komplementarnog pristupa pitanju kozmosa te da kozmologija treba filozofiju u logičkom, epistemološkom i metafizičkom smislu. Drugo, analizom temelja suvremene kozmologije, tj. standardnoga kozmološkog modela (kozmoški princip, teorija relativnosti, potvrda širenja univerzuma, nukleosinteza velikoga praska i kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje) uočeno je da su empirijske spoznaje o svemiru, iako brojne i važne, necjelovite. Rasvijetljen je i niz tehničkih i fundamentalnih ograničenja i pitanja suvremene kozmologije koja suvremenu kozmologiju čine iznimno filozofičnom. U tom smislu, uočeno je da se iz konteksta suvremene kozmologije, poglavito standardnoga kozmološkog modela otvara niz pitanja koja traže i znanstveni i filozofijski odgovor. Štoviše, ovim istraživanjem postalo je razvidno kako je potrebno, želimo li se barem približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa, izgraditi jednu obuhvatniju kozmologiju, koja bi uključivala i fiziku i filozofiju jer je suvremena kozmologija nužno okrenuta tzv. filozofijskim odabirima¹⁵. Dodatno, istaknut je značaj promišljanja i razumijevanja načina

¹⁴ Usp. Kožnjak (2013), 15.

¹⁵ Termin preuzet od Ellisa (2014). Sam termin možemo razumjeti i kao fundamentalnu nužnost i kao pragmatički korak u razvoju znanosti. U prvom slučaju nikada neće zadobiti znanstveno utemeljenje, a u drugom možda i hoće, ali dokle god nema empirijskoga utemeljenja govorimo o teorijskoj prikladnosti odnosno filozofijskom razlogu tj. odabiru na temelju filozofijskih razloga.

funkcioniranja znanosti i određen tzv. status teorijske fizike i filozofije koje su s vlastitim specifičnostima pozvane na komplementaran pristup pitanju kozmosa. Konačno, analizom temeljnih obilježja suvremene kozmologije shvaćene kao empirijske discipline utvrđeno da se suvremena kozmologija suočava s više vrsta ograničenja; s ograničenjima tehničke naravi koja će u budućnosti možda moći biti prevladana i s onima koja neće, s ograničenjima koja proizlaze iz naravi predmeta (načelna nemogućnost eksperimentiranja s kozmosom kao cjelinom) te s ograničenjima koja postavlja narav modela koji predstavljaju temeljni instrument suvremene znanosti što je čini specifičnom u odnosu na druge znanosti. Štoviše, specifikum suvremene kozmologije potvrđuje isprepletenost i neodvojivost znanosti i filozofije glede pitanja kozmosa koji otkriva nužnost komplementarnog pristupa i potrebu da se suvremena kozmologija shvati šire, kao znanstveno-filozofijska disciplina. Konačno, možda najveći doprinos ovoga istraživanja predstavlja obuhvatna analiza i promišljanje teme s više razina koja otkriva izazove pred kojima se nalaze suvremena kozmologija i filozofija glede pitanja kozmosa pa u tom smislu možemo zaključiti da raspon ovoga istraživanja omogućuje dobro utemeljen odgovor na temeljno pitanje ovoga rada.

I. ISKUSTVENI TEMELJI I RAZVOJ KOZMOLOŠKE MISLI

Uvid u povijest kozmologije pomaže potpunijem razumijevanju suvremene kozmologije. Taj uvid prati razvitak kozmološke misli u kojem se otkriva isprepletenost kozmologije i filozofije. Štoviše, istinsko razumijevanje odnosa filozofije i kozmologije nesumnjivo je potrebno ne toliko zbog „jučer“ već za „danas“, ali ponajviše za „sutra“. Povijest znanosti tu igra veliku ulogu¹⁶ jer poznavanje povijesti discipline rasvjetljuje tijek transformacije filozofijskih pitanja u znanstvene probleme i njihova rješenja te doprinosi boljem razumijevanju sadržaja, problema i pojmova kojima se disciplina koristi. Naime, malo tko se ne bi složio s onim što je istaknuo i Rovelli: »Znanje koje smo nadišli, uvijek je s nama, ono je temeljni sastojak našeg razumijevanja«¹⁷. U tom smislu, uvid u razvitak kozmološke misli, s naglaskom na one sastavnice kozmoloških teorija koje se smatraju iskustvenim temeljima, neupitno ima reperkusije i na suvremeno stanje stvari i predstavlja sastavni dio valjanog i plodonosnog istraživanja na području filozofijsko-kozmološke tematike na svim razinama koje ona uključuje¹⁸. Naime, bez takvog uvida razumijevanje odnosa filozofije i kozmologije je siromašno i nedostatno, a trenutna su istraživanja u opasnosti promašiti ključna pitanja¹⁹.

Štoviše, uvid u povijest kozmologije pomaže potpunije upoznati narav odnosa filozofije i kozmologije, ali i njihovu autonomiju, posebnosti i granice. No, to ujedno znači otkriti kako se približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa. S obzirom na to da je cilj suvremene kozmologije ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa, razumjeti narav odnosa filozofije i kozmologije sastavni je dio odgovora na pitanje kako treba razumjeti suvremenu kozmologiju, ako iz njezina konteksta želi ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa ili se barem približiti takvom odgovoru.

1. Od prvih kozmoloških misli do mito-kozmologija

Razvoj kozmološke misli i oblikovanje slike svijeta trajalo je stoljećima, a ni do danas nije dovršeno. Od samih početaka ono je usko vezano za razvoj astronomije koja se, baš kao i

¹⁶ Vidi: Matthews, 2014; Niaz, 2014.

¹⁷ Rovelli, 2014a.

¹⁸ Usp. Munitz (1957), vii. Gotovo svi prikazi suvremene kozmologije započinju pregledom u povijesti discipline. Vidi npr. Ryden, 2006. ili Vujnović, 2009.

¹⁹ Vidi: Ellis, 2014.

kozmiologija, počela razvijati još u vrijeme pastira, putnika i mornara svih kultura, pa do teleskopa i Einsteinove teorije, i sve do danas²⁰. No, kada se, zašto i kako, počinju pojavljivati i razvijati prva promišljanja o kozmosu? Koja su temeljna obilježja tih promišljanja? Jesu li prva promišljanja o kozmosu iracionalna, isključivo spekulacije ili su već i ona iskustveno utemeljena?

Na ta iznimno važna i zanimljiva pitanja nije nimalo jednostavno odgovoriti. Naime, kozmološka promišljanja duboko su ukorijenjena u povijesti brojnih kultura i naroda²¹. Formiranje prvih ideja o kozmosu, koje možemo smatrati počecima kozmiologije, seže čak nekoliko tisuća godina unatrag – u vrijeme prije no što su ljudi naučili pisati i čitati²². Razvidno je, dakle, da je čovjek i prije pojave pisane riječi imao razvijen istančan interes za pitanja o kozmosu, ali i to da se ta pitanja ubrajaju u temeljne ljudske interese. Štoviše, čovjek je već tada, koliko su mu dozvoljavale okolnosti njegova doba, konstruirao alat za bilježenje kretanja zvijezda²³. Rezultati proučavanja Stonehengea, jednog od najpoznatijih megalita, upućuju na zaključak da su »ljudi koji su gradili Stonehenge [...] bili više nego samo zainteresirani za izlazak sunca sredinom ljeta; očito su bili željni zabilježiti ga na velikoj skali«²⁴. Čovjek se, dakle, već tada zanimao za kretanja zvijezda, to je kretanje pratio i bilježio – nije mu bilo strano sustavno opažanje fenomena. Štoviše, iz tog nam je vremena poznato više vrsta astronomskih instrumenta²⁵. Važne su to spoznaje jer dovode u pitanje tvrdnju da su ta „rana“ promišljanja o kozmosu tek puki plod mašte.

Prvim konkretnijim promišljanjima o pitanjima kozmosa smatraju se kozmo-mitologije koje se mogu pronaći u raznim kulturama. Najpoznatiji među njima nedvojbeno su mitovi Babilonaca, a zatim mitovi Egipćana²⁶. No, poznati su i brojni mitovi rano-azijskih kultura, u prvom redu kineski mitovi, a zatim indijske mitologije i s područja Amerike mitovi Maya²⁷. Kako vidimo,

²⁰ Usp. Pecker (2001), 15. Detaljnu razradu i zoran prikaz toga povijesnog razvoja autor donosi u tablicama 1.1., 1.2. i 1.3. na str. 16–19.

²¹ Npr. usp. Algra (1999), 45; Hawley & Holcomb (2005), 3–12.

²² Usp. Kragh (2007a), 6.

²³ Usp. Kragh (2007a), 6.

²⁴ Thurston (1996), 45.

²⁵ Detaljnije o prvim instrumentima astronoma i njihovu značaju vidi: Couprie (2011), 15–51; Neugebauer (1969), 71–145.

²⁶ Detaljnije vidi: Jacobsen (1957), 8–21; Naddaf (2006), 39–42; Hawley & Holcomb (2005), 8; Kragh (2007a), 7–11.

²⁷ Detaljnije vidi: Kragh (2007a), 11; Hawley & Holcomb (2005), 8–10.

većina je drevnih kultura imala neki tip kozmoloških mitologija, ali uglavnom su egipatska i babilonska astronomija i kozmologija utjecale na grčku misao i na taj način postale poveznice s europskom tradicijom iz koje će se s vremenom razviti i suvremena kozmologija²⁸. Grčku verziju nastanka svijeta nalazimo u Hesiodovoj *Teogoniji* (oko 750. pr. Kr.)²⁹.

No, mit se još od vremena prvih filozofa kritizirao kao naivan ili iracionalan način objašnjavanja kojem se suprotstavljao *logos*. Ipak, ta je kritika upitna zbog više razloga. Najprije stoga što su se mitom koristili i prvi filozofi. Uz to, činjenica je da za pojam „mita“ (grč. *μῦθος*; *mythos*; riječ, govor, slikovito pripovijedanje) ne postoji ni precizna ni univerzalno prihvaćena definicija. Iz postojećih pokušaja definiranja možemo apstrahirati da je mit usko vezan uz rituale i da ga se smatra »formom poezije koja transcendira poeziju jer pokušava izraziti istinu«³⁰. Mit u nekim slučajevima može djelovati iracionalno, no zapravo je simboličan pa mu u tom smislu iracionalnost nije normativno obilježje jer nema ništa iracionalno u korištenju simbola³¹. Veliku važnost mitu pridaje činjenica da on reflektira poznate i pertinentne čimbenike kulture iz koje izrasta, pa, u tom smislu, možemo reći da kozmo-mitovi reflektiraju ideje neke kulture o nastanku i strukturi univerzuma i čine ih opće shvatljivima i dostupnima³². Prvotni je cilj kozmo-mita ponuditi odgovor na pitanje mjesta čovjeka u kozmosu i pružiti objašnjenje prirodnog poretka, te istodobno poslužiti kao garancija trajnosti tog poretka koji se reflektira i izražava terminima socio-političke strukture života tadašnje zajednice³³. Kako bi kozmo-mit pružio takvo objašnjenje, prvo tematizira pitanje nastanka uređena svijeta. To znači da kozmo-mit, više ili manje, sadrži elemente kozmogonije. Kozmogonijski mit je u tom smislu određen kao tradicionalno objašnjenje o tome kako je i zašto nastao uređeni svijet³⁴. No, s obzirom na to da su kozmo-mitovi istodobno i teogonije, obilježeni su i idejama antropocentrizma i religijskim interpretacijama. Ipak, možemo reći da kozmo-mitovi predstavljaju prva sustavna promišljanja o kozmosu (njegovu nastanku i kraju)

²⁸ Usp. Kragh (2007a), 11.

²⁹ Riječ je o najstarijem europskom genealoškom spjevu o postanku svijeta i bogova. Djelo se pojavilo netom nakon pojave pisma u Grčkoj i kada je riječ o kozmogonijama najvrjedniji je dokument koji posjedujemo. Usp. Hesiod (2005), 81; Naddaf (2006), 42. Sažet prikaz Hesiodove slike svijeta vidi kod Kragh (2007a), 12. Detaljnu analizu kod Naddaf (2006), 42–57. Usp. i izvornik, osobito: Hesiod (2005), 725: veličina univerzuma, 736–739 i 807–810: karakteristike univerzuma, 740, 814: veličina i obilježje kaosa itd. O pitanjima koja ostaju otvorena u odnosu na neka teogonijska obilježja vidi: Algra (1999), 46–47.

³⁰ Naddaf (2006), 37.

³¹ Takvo određenje donosi Morgan (2004), 31. Isto pitanje autor izlaže detaljnije na str. 30–37.

³² Usp. Hawley & Holcomb (2005), 6.

³³ Usp. Naddaf (2006), 2.

³⁴ Usp. Naddaf (2006), 38.

kojima se pokušavalo ponuditi smislene odgovore na pitanje čovjekova mjesta u kozmosu i objašnjenja za uočene fenomene. Tako postaje razvidno da kozmo-mitove ne treba odbaciti kao iracionalne. Naime, rezultati novijih istraživanja potvrđuju da su i ta prva promišljanja o kozmosu bila i iskustveno utemeljena jer npr. Mliječna staza, na način kako se vidi iz Egipta, jasno ocrta ni manje ni više već obrise božice Nut³⁵.

Štoviše, čovjek je pokušavao ponuditi objašnjenja za fenomene koje je opažao i riješiti zagonetku zvanu kozmos. Ponuđena objašnjenja zasigurno ne bi zadovoljila današnje kriterije znanstvenosti, ali te su spekulacije bile vrijedni doprinosi razvoju kozmološke misli. Naime, ni neka objašnjenja i rješenja kojima se koristimo u suvremenoj znanosti ne zadovoljavaju kriterije znanstvenosti kako ih danas razumijemo, ali ipak su pertinentni teorijski doprinosi, koji često usmjeravaju daljnja kozmološka istraživanja i uvelike utječu na razvoj teorija o kozmosu. Kozmo-mitovi su bili upravo to – spoznati da je nešto zagonetno i nejasno često je prvi korak na putu do odgovora. Dobar primjer u suvremenoj kozmologiji su nam tamna tvar i tamna energija, još uvijek zagonetni sastojci standardnoga kozmološkog modela³⁶.

2. Grčka kozmološka misao

Pitanje kozmosa svojevrsna je konstanta u filozofijskom kontekstu, prisutna već od prvih filozofijskih promišljanja pa sve do današnjih dana. Već je iz prvih filozofijskih promišljanja jasno da su kozmos, priroda i čovjek (uključujući društveni poredak) u biti neodvojive teme. U svima se zrcali isti red i ista ljepota. Upravo stoga su se gotovo svi važniji mislitelji ovoga razdoblja bavili pitanjem kozmosa. Ovdje izdvajamo najvažnije ideje i pitanja o kozmosu iz toga razdoblja, ne kako bismo pokazali da su promišljanja o kozmosu bila brojna već kako bismo istražili koja su temeljna obilježja prvih teorija o kozmosu i kakve reperkusije imaju na suvremena promišljanja o pitanjima kozmosa i na razumijevanje odnosa filozofije i kozmologije.

2.1. Prva znanstvena revolucija

S počecima razvoja filozofijske misli i promišljanja o kozmosu počinju dobivati nove dimenzije. Kozmologija je sastavni dio filozofije prirode. To znači da su pitanja o kozmosu

³⁵ Detaljnije vidi: Couprie (2011), 7.

³⁶ Dalje: SKM.

neodvojiva od pitanja o *physisu*. Čovjek počinje oblikovati novi način razmišljanja, tj. uvjerenje koje će s vremenom postati univerzalno prihvaćena premisa sveukupne znanosti. To uvjerenje kaže da prividni kaos u zbivanjima mora u svojoj pozadini sadržavati red koji je čovjek u mogućnosti spoznati. No, dodatno, taj se red više ne promatra kao djelo impersonalnih sila već se uzrok prirodnih promjena počinje tražiti u samoj prirodi³⁷. To je novost s kojom su prvi filozofi (tzv. filozofi prirode) između 600. i 450. pr. Kr. započeli prvu „znanstvenu revoluciju“³⁸.

Za razvoj kozmološke misli u to vrijeme najzaslužniji su predsokratovci Tales, Anaksimandar i Anaksimenes (tzv. miletska škola). Temeljno obilježje njihove misli bio je racionalan, evolucijski i hilozoistički pristup prirodi koju su odredili kao onu koja posjeduje generativnu moć. Koji je od spomenutih filozofa u ovom kontekstu važniji ostaje otvoreno pitanje³⁹. No, Anaksimander je izgradio prvi filozofijski sustav, te u tom smislu napravio prvi važniji korak u promišljanju kozmosa nakon Hesiodove *Teogonije*. Njegov najveći doprinos su promišljanja o kozmosu kojima započinje oblikovanje Zapadne slike svijeta⁴⁰.

Anaksimandrova promišljanja o kozmosu su zanimljiva i danas, a tomu je više razloga. Ponajprije, prvim početkom svih stvari Anaksimander je odredio *apeiron* (*neograničeno, neomeđeno, beskonačno*), za razliku od ostalih predsokratovaca koji su odabrali vodu, vatru, zemlju ili zrak, čime se od nečega stvarnog okrenuo prema nečem nezamjetljivom. Upravo je to obilježje suvremenoga znanstvenog diskursa. Naime, u nastojanjima (fizike) da postigne jedinstven pogled na svijet, u želji da objasnimo, želimo svesti jednu činjenicu na drugu, a u tom procesu ono što je zamjetljivo objašnjavamo onim što nije zamjetljivo⁴¹. Nadalje, Anaksimandrova kozmogonija temelji se na analogiji s ranim shvaćanjima razvoja zametka (uobičajeno za to doba). Prema Anaksimandru temeljni elementi, tj. poznati poredak svijeta (cijela spoznatljiva stvarnost), nastaju kao drugotne manifestacije procesom izdvajanja uzrokovanog vječnim kretanjima iz *apeirona* (početno neodređeno sjedinjenje opreka), koji je

³⁷ Usp. Guthrie (2012a), 21, 30, 118.

³⁸ Treba imati na umu kako su Grci toga doba brojna znanja i vještine preuzeli od drugih naroda, ali činjenica je da filozofi prirode predstavljaju značajnu povijesnu prekretnicu. Usp. Kragh (2007a), 13; Hawley & Holcomb (2005), 25–28; Guthrie (2012a) 26–31, 33, 34.

³⁹ Usp. Aristotel (2001), 983b20; Algra (1999), 47; Guthrie (2012a), 37–42, 117–118; Thurston (1996), 110; Cornford (1957), 21.

⁴⁰ Usp. Couprie (2011), 97.

⁴¹ Usp. Guthrie (2012a), 62–65. Vidi i zaključak kod: von Weizsäcker (2006), 341. O Anaksimandrovoj izradi prvih karti Zemlje vidi: Couprie (2011), 79–86, 89.

u vječnom pokretu. Nakon što je izdvajanje, uzajamno neprijateljskih opreka, počelo kozmogonijski procesi se nastavljaju prirodnim djelovanjem njihovih moći, a u tom procesu dolazi i do oblikovanja nebeskih tijela⁴². Taj Anaksimandrov pokušaj da domisli na koji su način različita svojstva i entiteti u kozmosu proizašli iz jednog jedinstvenog i neodređenog stanja, pokušaj je odgovora na pitanje koje kozmolozi promišljaju i danas. Anaksimandrova promišljanja su, dakle, bila iznimno napredna i velik doprinos razvoju astronomske teorije. Ne čudi stoga što se Anaksimandra smatra utemeljiteljem kozmologije⁴³.

Nove i u suvremenom smislu zanimljive ideje ponudili su Anaksagora i Empedoklo. Naime, Anaksagora je, kao i većina, smatrao da je Zemlja ravna ploha, ali udaljio se od klasičnih ideja svoga vremena naučavajući da je Sunce samo zagrijani kamen i da je Mjesec iste građe kao i Zemlja. Empedoklo je pak prvi došao na ideju da bi se tvar mogla sastojati od četiri nepromjenjiva elementa (voda, vatra, zrak i zemlja koju je on dodao). Tu je ideju poslije prezentirao Platon u svom djelu *Timej*, a preuzeo ju je i razvio Aristotel u *Fizici*. Na taj je način pojam „element“ po prvi put zadobio određeno značenje i to kao oblik tvari, ne-nastao i ne-uništiv, kvalitativno nepromjenjiv te potpuno homogen. Uz to, Empedoklo je u promišljanja o kozmosu, puno prije spomena privlačne i odbojne sile, uveo i ideju sile, točnije dvije sile: Ljubav i Sukob, koje po njemu upravljaju kozmosom, a nas uvelike podsjećaju na ideje privlačne i odbojne sile koje će se razviti stoljećima kasnije, nakon Newtona. No, možemo reći da je s Empedoklom zaživjela ideja sile koja djeluje među tvarima i razvijena ideja dinamičnog kozmosa⁴⁴. Štoviše, sila i ideja dinamičnog kozmosa temeljni su pojmovi suvremene kozmologije koji traže odgovor i iz filozofijske i iz znanstvene perspektive.

Zaključno možemo reći da predsokratovci nisu toliko važni zbog odgovora koje su davali, koliko zbog pitanja koja su postavljali. Ipak, upravo su predsokratovci razvili značajnu misao da je kozmos (iako zagonetan) shvatljiv i objašnjiv te tako postavili temelje razvoju znanosti pa ih se opravdano naziva prvim filozofima prirode, odnosno fizičarima⁴⁵. Štoviše, ako uvođenje ideje redukcionizma i dinamizma nema izravni značaj za današnja promišljanja o kozmosu, to

⁴² Usp. Guthrie (2012a), 62–78.

⁴³ Usp. Kragh (2007a), 14; Couprie (2011), 99, 163. Usp. Algra (1999), 55–60. Algra Anaksimandru pridaje i zasluge uvođenja načela dovoljnog razloga te primjene matematike na kozmološka pitanja. Guthrie (2012a), 78–96; DK 12 A 1-30; Couprie (2011), 89–163.

⁴⁴ Usp. Kragh (2007a), 14–15; Guthrie (2012b), 148, 159; Pecker (2001), 50. Više o Empedoklovoj misli vidi: Isto, 138–265. Detaljnije o Anaksagorinoj misli vidi: Isto. 265–335; Couprie (2011), 175–201.

⁴⁵ Usp. Kragh (2007a), 15; Algra (1999), 60–63; Pecker (2001), 53.

bi trebalo imati predsokratovsko, u prvom redu Anaksimandrovo, balansiranje između ideje neopažljivog i iskustveno utemeljenog, odnosno iz same prirode objašnjivog – možda je Anaksimadar prvi koji je iznio hipotezu da kozmologiju treba shvatiti šire.

2.2. Postavljanje broja u odnos s materijalnom stvarnošću

Razvoj znanstvene i kozmološke misli uvelike su obilježile još dvije škole, tzv. pitagorejci⁴⁶ i atomisti. Iz suvremenoga kuta gledanja osobito je zanimljiva pitagorejska ideja stavljanja broja u odnos s materijalnom supstancijom jer je prepoznamo kao prvi korak prema matematizaciji fizike. Možemo reći da je već s pitagorejcima znanost dobila svoj jezik. Što su točno pitagorejci mislili pod odnosom broja i materijalne supstancije, nije sasvim jasno, ali je sigurno da je broj za njih bio neka vrsta božanskog načela koje upravlja kozmosom – osnova harmonije koju su smatrali temeljnim obilježjem kozmosa. U tom smislu, uvriježeno je mišljenje da je Pitagora među prvima koristio pojam kozmosa u smislu svijeta kao uređene strukture⁴⁷. Isto tako, pitagorejci su među prvima prihvatili ideju o sferičnom obliku Zemlje i pomakli je iz središta kozmosa⁴⁸, a to je bio odvažan skok znanstvene imaginacije, revolucionarna ideja u kontekstu kozmološke misli – filozofima je puno lakše napraviti takav skok.

U osnovama pitagorejskih promišljanja o kozmosu, koja su nosila religijsko-mistična obilježja, ali i brojne druge elemente (grčkoga načina mišljenja), kao što su smisao za simetriju, harmoniju, red i ljepotu, nalazila se teorija harmonije ili tzv. „harmonija sfera“⁴⁹. Naime, pitagorejci su se zanimali za položaj planeta, njihov međusobni odnos i udaljenosti, te su došli do zaključka da su gibanja u kozmosu harmonična. Harmoniju su pak poistovjetili s brojem (načelom svih stvari) pa su cijela nebesa za njih bila harmonija i broj, tj. uređen sustav načinjen po matematičkim principima. Ideja harmonije i simetrije znatno će utjecati na brojne mislioce koji će pokušati ponuditi odgovor na pitanje kozmosa. Možda već nakon Keplera, ali svakako nakon Einsteina ideja simetrije će postati jedno od temeljnih pitanja suvremene fizike⁵⁰, a ideja

⁴⁶ Detaljnije vidi: Guthrie (2012a), 123–283. Vidi i: Huffman (1999), 66–88.

⁴⁷ Usp. Guthrie (2012a), 173; Pecker (2001), 47.

⁴⁸ Nije riječ o heliocentričnom sustavu jer su u središte kozmosa smjestili vatru. Usp. Kragh (2007a), 15–16; Guthrie (2012a), 233–249. Zašto pitagorejci nisu odmah došli na ideju heliocentričnog sustava pokušavaju domisliti: Gomperz (1957), 35; Couprie (2011), 172–173.

⁴⁹ Pitagorejci su isticali da čovjek ne čuje, tj. nije svjestan postojeće harmonije zbog toga što je sluša tijekom cijeloga života, ali ipak se čini da je Pitagora čovjek koji je mogao čuti tu nebesku glazbu. Vidi: Couprie (2011), 172. Tu su teoriju kroz povijest komentirali brojni mislioci.

⁵⁰ Vidi: Froggatt & Nielsen, 1991.

tzv. elegantnosti (koja uključuje jednostavnost)⁵¹, odnosno elegantnosti matematičke teorije, jedno je od najaktualnijih pitanja filozofije znanosti, danas se pokazuje posebno značajnom u kontekstu govora o kriterijima znanstvenosti. Stoga možemo ustvrditi da su istaknute pitagorejske ideje jedan od izvrsnih primjera isprepletenosti i neodvojivosti filozofijskih od znanstvenih i kozmoloških pitanja.

2.3. Otvaranje pitanja temeljnih sastavnica stvarnosti

Originalnost atomističke teorije prepoznajemo i na malim i na velikim skalama te je neupitan njezin filozofijski i znanstveni značaj⁵². Za razliku od pitagorejaca koji su stvarnost sveli na broj, atomisti su smatrali kako se stvarnost u osnovi sastoji od dvije vrste „entiteta“, tj. od atoma i praznine. Ideja o postojanju praznine (da pojam praznog prostora nije nelogičan) iznimno je važna jer je omogućila govor o mnoštvu i gibanju⁵³. Glede atoma, za atomiste je *atom* (grč. *nedjeljiv*, a nazivali su ga i oblik ili forma) temeljna, nedjeljiva, homogena, nepropadljiva i nepromjenjiva sastavnica stvarnosti. Prema atomistima postoji beskonačan broj atoma i njihovih oblika, a različitost u svojstvima predmeta proizlazi iz različitog oblika, veličine, položaja i poretka atoma. Stoga temeljna ideja atomizma glasi: stvarnost se može objasniti pomoću atoma koji se kreću u praznini (struje uokolo u beskonačnom prostoru). Još preciznije, uočena svojstva i promjene mogu se reducirati na promjene u pozicijama (vječnih) atoma⁵⁴.

Nadalje, atomisti su razvili i ideju beskonačnog i velikog kozmosa koji sadrži manje kozmičke sustave, sub-kozmose, ograničene prostorom i vremenom. Naš je kozmos dakle samo jedan od beskonačnoga broja sličnih, većih ili manjih sustava koji su nastali i jednoga dana će nestati, što anticipira ideju multiverzuma. Za atomiste kozmos je kombinacija atoma bez smislenog rasporeda (podložnih nasumičnom kretanju u različitim smjerovima beskonačnim prostorom), a nastaje tako što se u prazan prostor slije velik broj atoma i stvori vrtlog. Kretanja atoma odvijaju se po temeljnom zakonu atomizma: slično stremlje sličnom, slično djeluje na slično.

⁵¹ Vidi: Glynn, 2010.

⁵² Začetnikom atomističke teorije uglavnom se smatra Demokrit, no brojni izvori (uključujući Aristotela) potvrđuju kako je začetnik te ideje zapravo Leukip. Kroz povijest, ali već i u vrijeme pojave atomizma, postojalo više vrsta atomizma. Usp. i detaljnije van Melsen (2006), 383–389; Guthrie (2012b), 377–384; Taylor (1999), 181–205.

⁵³ Inače, atomizam je bio jedan od najuspješnijih pokušaja spašavanja stvarnosti fizičkog svijeta od posljedica elejske logike. No i njima je Aristotel uputio kritike kako i oni (kao i pitagorejci) u konačnici tvrde da su sve stvari brojevi. Detaljnije vidi: Guthrie (2012b), 384, 387, 393–395.

⁵⁴ Usp. Guthrie (2012b), 387–392, 400; Kragh (2007a), 16.

Stoga se teža tijela gomilaju u središte dok se lakša istiskuju (sferoidna vrtložna masa iz koje nastaje kozmos) i samo kad dođe do kružnog kretanja nastaje kozmos. Sam proces oblikovanja nebeskih tijela nije jasan. No, na nekoliko ideja treba svratiti pozornost: atomistički pojam težine – određen kao stremljenje prema središtu, moć otpora (vrtlogu), mehanicizam i determinizam. U njihovim promišljanjima o kozmosu nije bilo mjesta za božanske sile i svrhu – postoje samo tvarni atomi, sve u kozmosu rezultat je interakcije atoma (djelovanje na daljinu očito nije moguće). Iz svega rečenoga jasno je da su atomisti anticipirali brojna promišljanja koja će se kroz povijest više puta pojavljivati i razrađivati te su u određenom vidu prisutna još i danas, a posebice je zanimljiva ideja multiverzuma.

2.4. Ideja geometrijske strukture kozmosa

Najvažnije Platonovo promišljanje pitanja kozmosa nalazimo u *Timeju*. Riječ je o Platonovom izlaganju vlastite filozofije i znanosti – najslabije shvaćenom, ali najčešće citiranom Platonovom dijalogu. Platon je ovim djelom utjecao na brojne filozofe, najviše stoga što je sačuvao racionalnu ljepotu univerzuma, ali utjecao je i na brojne znanstvenike (osobito novijega doba), najviše zbog toga što je geometrijskom teorijom svijeta pokazao izvrstan uvid u strukturu tvari. Ne čudi stoga da su se takvom razumijevanju prirodnog svijeta priklonili npr. Kepler i Galilei, ali i brojni dugi, sve do Poppera koji ga smatra temeljem suvremene kozmologije ili Heisenberga koji ističe da tendencije suvremene fizike čine današnju fiziku bližom *Timeju* nego Demokritu⁵⁵.

U uvodnom dijelu *Timeja* Platon upozorava da će izlaganje i dokaze u dijalogu moći pratiti samo stručnjaci⁵⁶ te, poput nekoga suvremenog znanstvenika, postavlja pitanje o strukturi tvari i gradi model za ono što je nedostupno opažanju. U skladu s jonskom tradicijom Platon je učio da je tijelo kozmosa sastavljeno od četiri elementa (voda, vatra, zemlja, zrak). Demijurg (tvorac svega – istaknuta ideja djela) je kozmos izradio iz već postojećeg materijala (kaosa). Naime, četiri elementa bila su bez omjera i mjere, ali postojali su u „prostoru postajanja“ i već posjedovala tragove svojih osobitih naravi, datosti kojima Demijurg nameće red putem broja⁵⁷.

⁵⁵ Usp. Guthrie (2012c), 239–240; Heisenberg (1997), 51–56; Pecker (2001), 56, 59; Kahn (2006), 602. Za iscrpnu analizu cijeloga djela s komentarima vidi: Cornford, 1997. Sažet uvod s komentarima vidi kod: Pavlović (1981), 5–49. Osvrt na Platonovo shvaćanje fizike vidi kod: Copleston (1988b), 280–288.

⁵⁶ Usp. Pecker (2001), 58–59, 69; Platon (1981), 53c.

⁵⁷ Usp. i detaljnije: Kahn (2006), 602–603.

U tom smislu i na pitanje zašto je stvoren kozmos Platon odgovara: bog je dobar te je njegovom zamisli ovaj svijet stvoren kao živo i umno stvorenje prema modelu svoga stvoritelja. Stoga bi upravo studij matematike ili astronomije trebao razboritog čovjeka brzo uvjeriti da je prvi impuls stvaranja kozmosa racionalan⁵⁸. U takvom, produhovljenom kozmosu do izražaja dolazi grčko razumijevanje prirode (*physis*) i postojanje analogije između makro i mikro svijeta⁵⁹. A s obzirom na to da je kozmos djelo uma, ta racionalnost mora biti spoznatljiva i u najmanjim elementima od kojih je stvoren. Stoga se i struktura tvari, otkriva kao pet pravilnih tijela, tj. poliedara: tetraedar, kocka, oktaedar, ikosaedar i dodekaedar (tzv. Platonova tijela). Ta je geometrijska struktura povezana i s fizičkim kakvoćama elemenata. No za razliku od atoma koji su nedjeljivi, za Platona je tvar djeljiva na elementarnije oblike. Naime, plohe poliedra mogu se podijeliti na trokute⁶⁰ te je elementarni oblik na koncu čista matematička struktura (raznostranični pravokutni trokut)⁶¹. Na taj način, povezujući bezličnu tvar s određenom geometrijskom strukturom, Platonova kozmogonija pokušava pomiriti dva različita tipa kozmogonije, pitagorejsku obilježenu brojem (matematikom) i jonsku, materijalističku, kojoj je vrhunac heraklitovsko razumijevanje svijeta kao neprekinute mijene⁶². Time Platon uvelike anticipira suvremene ideje o strukturi tvari.

2.5. Početak dominacije geocentričnih modela

Aristotel je svoju kozmološku misao gradio na temeljnim principima vlastite filozofije prirode, što je glavna tema njegova djela *O nebu*. Uzeto u cjelini, Aristotelov doprinos je velik stoga što je u svoj model kozmosa unio i fizikalnu dimenziju. Uz to, a to će postati obilježjem cjelokupne znanosti, u filozofijskim i znanstvenim istraživanjima Aristotel je naglasak stavio na razumijevanje uzroka. Svojim je pristupom predmetu, reći će neki, zaslužio ime fizičara u modernom smislu riječi⁶³.

Iako je Aristotelova teorija o kozmosu bila kritizirana, ipak, stoljećima je Aristotelov model kozmosa bio općeprihvaćena slika svijeta. Aristotel je poznavao i dogradio modele svojih

⁵⁸ Usp. Guthrie (2012c), 285. Zanimljivo je, uočava Guthrie, da Newtonove riječi iz *Principia* zvuče gotovo kao prijevod *Timejeva* pasusa.

⁵⁹ Usp. Guthrie (2012c), 273; Pavlović (1981), str. 27.

⁶⁰ Vidi: Platon (1981), 54e–55b.

⁶¹ Iako je riječ o otvorenoj raspravi, čini se da je teorija elementarnih trokuta fizički izričaj ideje o normativnoj matematici koju Platon razvija u nekim drugim dijalozima. Vidi: Kahn (2006), 603.

⁶² Usp. Guthrie (2012c), 279–290; Pecker (2001), 59–62.

⁶³ Usp. Pecker (2001), 78; Menn (2006), 271.

prethodnika, no za razliku od njih on nije želio opisivati gibanja svakoga planeta zasebno već je izgradio koherentnu sliku cijeloga kozmosa, istodobno čuvajući neovisnost svakoga gibanja unutar fizičke realnosti. Ta je koherentna struktura bila Aristotelov pokušaj da svijet opiše kao organsko jedinstvo u kojem sve teži jednoj svrsi i jednom cilju⁶⁴. Nove su sastavnice povećale kompleksnost modela, no to je ujedno bilo njegovo obogaćenje⁶⁵.

Temeljna obilježja Aristotelove slike svijeta su: svijet je jedan, nestvoren, neuništiv, ograničen i sferičan te sadrži pet jednostavnih, prvotnih tijela⁶⁶. U središtu kozmosa nalazi se Zemlja koja je nepokretna, sferična i mala u usporedbi sa zvijezdama⁶⁷. Svako tijelo u kozmosu giba se prema svome prirodnom mjestu⁶⁸, tj. krajnosti, i taj se princip primjećuje već na malim skalama – elementi od kojih je građen kozmos gibaju se svaki prema svome prirodnom mjestu (zemlja prema središtu, vatra prema obodu, zrak prema područjima iznad zemlje i voda ispod vatre). Te temeljne sastavnice u raznim kombinacijama oblikuju različita tijela u prirodi. Kozmos je jedan, ali i mjesto trajne promjene, a s obzirom na to da se propadljivo i vječno međusobno razlikuju, Aristotel razlikuje pravocrtno gibanje propadljivih tijela od kružnoga gibanja sfera koje su vječne⁶⁹. Štoviše, iz tog razloga Aristotel među temeljne sastavnice stvarnosti uvodi i peti element (tzv. eter) koji ne podliježe promjeni (ne propada), najbliže je savršenoj materijalnoj supstanciji⁷⁰. Tako Aristotel kozmos dijeli na dva dijela, sublunarni i supralunarni. Iako za Aristotela izvan kozmosa ne postoji ni jedno tijelo, ni mjesto, ni praznina, ni vrijeme, ipak Aristotel opisuje „stvari tamo“, kao one bez protežnosti, bez promjena i koje bez prekida uživaju u najboljem i najsamodostatnijem životu⁷¹. Konačno, za razliku od svoga učitelja Platona, Aristotel je zaključio da je kozmos vječan⁷² te je tako otvorio pitanje o vječnosti svijeta koje nije strano ni suvremenim raspravama. U konačnici, možemo ustvrditi kako su brojna

⁶⁴ Vidi: Aristotel (2009), 271a 34.

⁶⁵ Usp. Pecker (2001), 79–81.

⁶⁶ Detaljnije o navedenih obilježjima vidi: Munitz (1957), 89–103.

⁶⁷ Vidi: Aristotel (2009), 297b 32–298a 20. Detaljnije o položaju i obliku Zemlje vidi: Couprie (2011), 213–220. Vidi i: Thurston (1996), 110; Munitz (1957), 117–122.

⁶⁸ Ta prirodna mjesta nisu nešto samo u odnosu na nas, ona postoje nezavisno - mjesto je granica unutar koje se nalazi tijelo pa stoga ne postoji prazan prostor ili nešto izvan kozmosa. Detaljnije vidi: Copleston (1988a), 357. Vidi i: Kutleša (2003), 57–58.

⁶⁹ Savršeno gibanje koje je prvi impuls primilo od nepokrenutog pokretača.

⁷⁰ Usp. Grant (2006), 37–38.

⁷¹ Za izneseni opis Aristotelove strukture kozmosa usp. Guthrie, (2012d), 250–255. O povezanosti kružnog kretanja s mišljenjem u usporedbi s Platonovim stavovima iz *Timeja* vidi: Isto, 251. Detaljnije o Aristotelovu razumijevanju gibanja i o još nekim temama njegove filozofije prirode vidi: Copleston (1988a), 356–367; Pejović, 1988.

⁷² Usp. Aristotel (2009), 283b 27–33; Kragh (2007a), 22–23.

Platonova i Aristotelova promišljanja nadideena, a neka i zaboravljena, no njihov je utjecaj na razvoj znanosti neizbrisiv s obzirom na to da su upravo njihove metodološke perspektive prisutne i u današnjoj znanosti⁷³.

Vrhunac razvoja antičke astronomije smješta se u II. st., kada su riješeni neki od problema Eudoksova i Aristotelova modela te se tako pripremilo plodno tlo Ptolemeju. Njegov *Almagest* predstavlja kulminaciju astronomije toga doba. Iako je Ptolemej osmislio tehnički puno napredniji model od Aristotelova, ipak se njegova kozmologija temeljila na Aristotelovoj filozofiji prirode pa ovdje nećemo ulaziti u detalje Ptolemejeva modela. No, treba istaknuti da je Ptolemej matematičku astronomiju smatrao jedinom znanošću koja bi mogla osigurati čvrsto znanje i čovjekovo moralno uzdizanje (jer svoje sljedbenike čini ljubiteljima božanstvene ljepote), a to je neupitno još jedna ideja koja će igrati važnu ulogu u kršćanskome svijetu i kroz znanstvenu revoluciju tijekom srednjega vijeka⁷⁴.

3. Kozmološke ideje i pitanja srednjovjekovlja

Na razvoj kozmološke misli tijekom srednjega vijeka utjecale su brojne povijesne prilike, od razvoja i nestajanja Rimskog carstva do nepoznavanja jezika što je filozofe antike ostavilo daleko od latinski obojene Europe srednjega vijeka⁷⁵. Jedino dostupno naučavanje dugo je bilo neoplatonističko, tj. dostupan je bio samo djelomičan prijevod Platonova *Timeja*⁷⁶. Tek u XII. i XIII. st., prijevodima Aristotela i drugih filozofa, aristotelizam postaje temelj za razvoj kozmoloških ideja. Tako je aristotelovsko-ptolemejeva slika svijeta, obogaćena kršćanskim elementima, dominirala sve do Kopernika i njegova obrata. No, srednji vijek je, suprotno nekim krivim idejama o srednjovjekovlju, intelektualno iznimno zanimljivo i bogato razdoblje u kojem su i kozmološka problematiziranja naša svoje mjesto. Imajući u vidu kozmološke teme i relevantne autore za razvoj kozmološke misli, razdoblje srednjega vijeka dijelimo na prva stoljeća srednjovjekovlja, vrijeme recepcije Aristotelove misli i na period odvajanja od Aristotelove filozofije. Cilj je ovoga poglavlja istražiti temeljna obilježja kozmološke misli srednjovjekovnog razdoblja i njihov značaj za suvremena problematiziranja pitanja kozmosa.

⁷³ Usp. Pecker (2001), 83–84; Kragh (2007a), 24; Couprie (2011), 215.

⁷⁴ Usp. i detaljnije Kragh (2007a), 29. Detaljnije o razvoju Eudoksova i Aristotelova modela u navedenom razdoblju vidi: Isto, str. 28–32; Thurston (1996), 123–178; Pecker (2001), 89–129; Munitz (1957), 104–114; Neugebauer (1983), 311–335.

⁷⁵ Detaljnije vidi: Pecker (2001), 134–135.

⁷⁶ Usp. Munitz (1957), 115.

3.1. Prva stoljeća srednjovjekovlja

Rano srednjovjekovlje obilježeno je širenjem kršćanske misli, dok su djela antičkih filozofa polako padala u zaborav. Početkom IV. st. Kalcidije je preveo Platonova *Timeja* koji je postao polazištem čitavom nizu rasprava kao što su: matematička narav kozmičkoga reda, vrijeme i vječnost, pitanje postojanja i naravi prve tvari i sl.⁷⁷. Među pristašama, tada iznimno popularnog, platonizma bili su i biskup Ambrozije iz Milana⁷⁸ i Aurelije Augustin kojeg se smatra jednim od nekoliko otvorenih vrata kršćanstva kroz koja je antička misao mogla doći u susret kršćanstvu⁷⁹. Naime, Augustin je poznao brojna filozofska djela i rasprave, bio je uključen u brojne rasprave, npr. o stvaranju, o prirodi vremena, prvoj tvari (pratvari)⁸⁰, o astronomiji i o astrologiji koju je odbacio te tako uvelike postavio temelje kritičkom mišljenju, pa i modernoj znanosti⁸¹. Ne čudi stoga što je Galilei citirao baš Augustina govoreći o odnosu znanosti i vjere⁸². Iako su se i u tom vremenu mogle naći iznimke poput Ivana Filipona iz VI. st.⁸³, gledano u cjelini, u prvim stoljećima srednjovjekovlja znanje o kozmosu i promišljanja pitanja kozmosa bila su daleko ispod razine Ptolemejeva *Almagesta*.

3.2. Prodor Aristotelove filozofije na kršćanski Zapad

Pojava prijevoda filozofijskih djela (oko 1150.), osobito onih s temama iz astronomije i kozmologije, iznova je aktualizirala pitanja o kozmosu, ali ovaj put odgovori će doći iz perspektive aristotelizma. To je bio pogodan kontekst da do izražaja dođu empirijski element i matematički izračuni položaja nebeskih tijela. Isto tako, među prvim prijevodima djela iz filozofije prirode našli su se npr. Euklidovi *Elementi*, Aristotelova djela među kojima kozmološki osobito važno djelo *O nebu*, ali i Ptolemejev *Almagest* (1175.). Zahvaljujući tim prijevodima, u svega pola stoljeća, aristotelovsko-ptolemejeva kozmologija postala je poznata i utjecajna na novonastalim sveučilištima kršćanskoga Zapada⁸⁴.

⁷⁷ Usp. Pecker (2001), 136; Brocchieri & Parodi (2013), 330.

⁷⁸ Više o Ambroziju i njegovu platonizmu vidi: Moreschini (2009), 393–404.

⁷⁹ Usp. Pecker (2001), 155.

⁸⁰ Usp. Pecker (2001), 140–141. Augustin (1983), knjiga XI. Detaljnije o Augustinovu razumijevanju stvaranja, redu i ustroju svemira te trijadama u svemiru i Bogu vidi: Moreschini (2009), 424–433. Za detaljniji uvid u Augustinovo poimanje vremena vidi: Schmidt (1998), 51–58; Mišić & Antunović, 2012.

⁸¹ Usp. Pecker (2001), 139; Augustin (1983), 65–66.

⁸² Usp. i vidi primjer citata kod: Kragh (2007a), 35; Munitz (1957), 120. Augustin (1983), 48, 91.

⁸³ Usp. Kragh (2007a), 36. Za još neke detalje vidi: Pecker (2001), 132–133, 137.

⁸⁴ Usp. i detaljnije: Kragh (2007a), 37; Munitz (1957), 132–133.

Prodorom Aristotelova misaonog sustava i prihvaćanjem aristotelovsko-ptolemejevoga modela tijekom prve polovice XIII. st. smanjen je utjecaj platonizma. Na sveučilištima (uglavnom zaslugama Alberta Velikog i Tome Akvinskog)⁸⁵ počelo se predavati Aristotelovu filozofiju. Štoviše, tadašnji je sveučilišni program bio tako uređen da je svaki student bio upoznat s kozmološkim promišljanjima i dostignućima koja su svoj vrhunac doživjela s Ptolemejem. Gledano u cijelosti, srednjovjekovni model kozmosa bio je prije svega kvalitativne naravi te više zanimljiv filozofima nego astronomima. Ali iznimno je bila važna autonomija filozofije koju su osobito istaknuli Albert Veliki i Toma Akvinski⁸⁶.

Važno pitanje toga doba bilo je koji je zadatak astronomije, ponuditi samo matematički model kozmosa ili prikazati realne nebeske fenomene? Jednoznačnog odgovora na to pitanje nije bilo. Isto tako, u to su vrijeme astronomi shvatili da je kozmos, koji je predmet njihova proučavanja, isti onaj koji proučavaju kozmolozi, odnosno filozofi prirode. No, možda je najznačajniji doprinos došao od velikih kritičara Ptolemejevog modela, Alhazena i Averroesa. Model su smatrali pre-apstraktnim u geometrijskom smislu i nezadovoljavajućim zbog nedostatka fizičkog utemeljenja, a svojim su kritikama doprinijeli većem stupnju matematičke preciznosti u srednjovjekovnim raspravama o kozmosu⁸⁷.

Aktualne kozmološke teme toga doba bile su rasprava oko mnoštva svjetova, pitanje prostorne konačnosti i puno zahtjevnije pitanje vremenske konačnosti. Naime, smatralo se kako se teza o vječnosti svijeta protivi učenju o stvaranju pa su mišljenja bila različita. U raspravu se (oko 1270.) uključio i Toma Akvinski znakovitom raspravom *De aeternitatie mundi* (*O vječnosti svijeta*). Akvinac je iznio brojne argumente za i protiv teze o vječnosti svijeta i došao do važnog zaključka da se na to pitanje ne može ponuditi odgovor isključivo na temelju razuma (anticipirajući tako Kantov stav), dodavši: kad bi svijet i bio vječan, njegovo bi postojanje i dalje ovisilo o Bogu⁸⁸. No, Akvinac je i u komentaru na Aristotelovo djelo *O nebu* istaknuo da

⁸⁵ Usp. Munitz (1957), 133. Detaljnije o idejama Alberta Velikog: Pecker (2001), 170–171; Brocchieri & Parodi (2013), 265–268, 289–294. Kakva će učinak imati i Aristotelova misao, osobito u kontekstu sveučilišta vidi kod: Kutleša (2003), 59–60.

⁸⁶ Kako čitamo u Tominoj *In librum Boethii De Trinitate*: »Ako se u izjavama filozofa nalazi nešto što se protivi vjeri, to nije filozofija, nego naprotiv zlouporaba filozofije koja proizlazi iz manjkavosti razuma. Stoga je moguće pobiti takvu zabluđu polazeći od samih načela filozofije«. Citat preuzet iz Gavrić (2000), 72.

⁸⁷ Usp. i detaljnije o značaju kozmološke misli islamskih filozofa Kragh (2007a), 39–40. Vidi i: Pecker (2001), 143–155; Brocchieri & Parodi (2013), 211–213; van Helden (1985), 28–35.

⁸⁸ Detaljnije o kontekstu rasprave o vječnosti svijeta na Pariškom sveučilištu i Tominoj jedinstvenoj misli o vječnosti svijeta vidi: Akvinski, 2005b; Vereš, 1978a, 1978b, 1978c.

treba precizno razlikovati argumente iz znanosti od tvrdnji s područja vjere (koja, kako kaže Toma, nadilazi razum, ali nije s njim u nesuglasju) i dobro uočio teškoće usuglašavanja dviju metoda astronomije: Aristotelove fizike utemeljene na svima prihvatljivim principima i Ptolemejeve geometrije – Toma se tako pokazao kao vrstan filozof⁸⁹. A gotovo u isto je vrijeme i Roger Bacon⁹⁰, za razliku od brojnih suvremenika, isticao nužnost reforme prirodne filozofije. Nasuprot svakom autoritetu treba staviti tri temelja znanosti: iskustvo, eksperiment i matematiku. Naime, samo znanstveni studij može biti rješenje za brojna otvorena pitanja, smatrao je Bacon⁹¹.

3.3. Odvajanje od Aristotelove filozofije

Polovicom XIII. i početkom XIV. st. počinje odlučnije odvajanje od Aristotelove filozofije. U središtu kritika našla su se tri temelja klasične kozmologije: Zemlja je središte kozmosa, kozmos je prostorno omeđen i postoji razlika u materijalnom sastavu, (a time) postoji razlika u zakonima koji reguliraju sublunarni i supralunarni dio kozmosa⁹². Rasprave su se vodile na području astronomije i metafizike⁹³, ali u tom se razdoblju nije razvio nijedan osobito novi sustav, model ili kozmološka teorija. Ipak, to je vrijeme bilo iznimno bitno za daljnji razvoj kozmologije⁹⁴.

Nekoliko imena se posebno istaklo svojim prijedlozima. U Pariškoj školi nalazimo Ivana Buridana. Jedan od njegovih prijedloga, iz oko 1350., bio je prihvaćanje ideje dnevne rotacije Zemlje. Kao potporu svojoj hipotezi naveo je jednostavnost i ekonomičnost prirode, a upravo će tu ideju W. Ockham izraziti poznatom *Ockhamovom britvom*⁹⁵. Buridanove ideje preuzeo je i razvio Nikola iz Oresmea⁹⁶. On je u svom djelu *Le Livre du Ciel et du Monde* (*Knjiga o nebu*

⁸⁹ Usp. Munitz (1957), 133; Pecker (2001), 171. Nešto precizniju sliku Tomina shvaćanja kozmosa i kozmološke misli može se dobiti usporedbom njegova razumijevanja svijeta, kozmosa, materije, prirode itd. vidi: Mondin (1991), 147–149, 374–376, 410–412.

⁹⁰ Engleski filozof, teolog i učenjak, franjevac, 1214.–1294, poznat kao »*doctor mirabilis*«.

⁹¹ Usp. Munitz (1957), 134–135; Brocchieri & Parodi (2013), 328–334; Pecker (2001), 169, 171–172.

⁹² Usp. Munitz (1957), 141.

⁹³ Uostalom, kao i danas, gotovo da nema popisa tema iz metafizike a da se među njima ne nađe i nekoliko kozmoloških tema, ali i *vice versa*.

⁹⁴ Munitz još snažnije ističe: pripremljeno je područje razvoju suvremene kozmologije. Usp. Munitz (1957), 141; Pecker (2001), 172, 175.

⁹⁵ Usp. Pecker (2001), 175. Detaljnije vidi Brocchieri & Parodi (2013), 372–374.

⁹⁶ Vrstan matematičar koji je Aristotela preveo na francuski dodajući vlastite komentare. Smatra se izumiteljem analitičke geometrije što će biti temelj Galilejevoj i Newtonovoj mehanici. Usp. Pecker (2001), 176. Detaljnije o idejama i značaju Nikole iz Oresmea vidi Brocchieri & Parodi (2013), 415, 419–420.

i svijetu), inače klasiku filozofije prirode XIV. st., tvrdio da je moguće da zakoni koji vrijede za nebeske sfere vrijede i na Zemlji. Time je odbacio Aristotelovu razliku između sublunarnog i supralunarnog područja. I on je predložio hipotezu o rotaciji Zemlje, no na kraju je, i on, zaključio kako postoji previše uvjerljivih teoloških argumenata za neprihvatanje te ideje⁹⁷.

Nikola Kuzanski je pak, zaokupljen idejom beskonačnosti, u svom djelu *O učenom neznanju* (*De docta ignorantia*), 1440. razvio metafizički sustav (njegovi argumenti nisu temeljeni na opažanju) kojim se udaljio od Aristotelova kozmološkog modela. Prema Kuzanskom u kozmosu ne postoji neko privilegirano mjesto, ni središte. Kozmos nije ovijen sferama već je beskonačan i homogen. Zemlja ne miruje već se giba, a građa sublunarnog i supralunarnog područja je ista. Uz to, Kuzanski je zaključio da kako ima života na Zemlji, tako ga ima i svugdje u kozmosu. Tako je Kuzanski izrekao sam kozmološki princip⁹⁸ i svojim metafizičkim sustavom uvelike anticipirao gotovo sve temeljne principe suvremene kozmologije⁹⁹.

Gledano u cjelini, srednji vijek je, osobito XIII. i XIV. st., razdoblje koje je obilovalo raspravama o kozmološkim pitanjima, ali uglavnom na teorijskoj razini¹⁰⁰. Arapski autori pomogli su da se srednji vijek upozna s detaljima Ptolemejeva modela pa je i to uvelike obilježilo srednjovjekovna kozmološka promišljanja. Najistaknutije pitanje toga doba bilo je pitanje mnoštva svjetova, tj. nekog kozmosa koji ne bi bio u skladu s Aristotelovom fizikom. Ipak, bilo je malo onih koji su bili spremni i voljni propitivati standardnu kozmologiju svoga vremena. Isto tako, s obzirom na to da je općeprihvaćeno mišljenje bilo da je kozmos stvorio Bog, dakle da ima početak u vremenu, trenutak stvaranja se pokušavao točno odrediti. Novost u razmišljanju o počecima kozmosa bila je ta što se više nije smatralo da je kozmos stvoren od nekog već postojećeg materijala – elementa uzetog iz (vječnog) kaosa, već *ex nihilo*. Štoviše, naučavanje o stvaranju ni iz čega (*creatio ex nihilo*) bilo je široko prihvaćeno kao zdravorazumsko i nauk je prihvaćen na Lateranskom saboru 1215., što je dalo dodatni značaj i obol kozmološkim raspravama u srednjem vijeku¹⁰¹.

⁹⁷ Usp. Kragh (2007a), 45.

⁹⁸ Dalje: KP.

⁹⁹ Usp. Kragh (2007a), 46. Detaljan prikaz kozmoloških promišljanja Kuzanskog donosi: Munitz (1957), 146–148.

¹⁰⁰ Vidi: Pecker (2001), 177–178.

¹⁰¹ Usp. Kragh (2007a), 33.

Konačno, možemo zaključiti da iako u srednjem vijeku nije došlo do značajnijih pomaka glede iskustvenog utemeljenja kozmoloških teorija i modela, ipak, uvelike su produbljena pitanja o Aristotelovoj fizici, o ideji mnoštva svjetova i pitanju stvaranja. Štoviše, upravo u srednjem vijeku biva istaknut značaj filozofije kao one koja ima unutarnju legitimnost. Uloga filozofije u promišljanju kozmoloških pitanja pokazuje se jednako važnom kao i iskustveno utemeljenje teorija i modela. Naime, upravo srednjovjekovne rasprave pokazuju da filozofija pita o kriterijima prihvatljivosti (danas znanstvenosti neke teorije), a u slučajevima kada, iz nekog razloga, nema iskustvenog utemeljenja ili pitanja nadilaze empirijski provjerljivu domenu sigurni nam ostaju upravo temeljni filozofijski principi koji otkrivaju nadmoć i značaj razuma za bilo koje područje istraživanja.

4. Novovjekovno razdoblje – dominacija heliocentrizma

Kada je riječ o doprinosima razvoju kozmoloških ideja, gotovo je nemoguće na jedno mjesto sabrati sva važna otkrića ili spomenuti sve relevantne autore bilo srednjega bilo novoga vijeka. Stoga razdoblje od 1450. do oko 1600. autori najčešće svode pod nazivnik „kopernikanskog obrata“. Ipak, to je razdoblje obilježeno raznim doprinosima razvoju znanosti i jedno je od intelektualno aktivnijih razdoblja iz kojeg ovdje izdvajamo temeljne doprinose razvoju kozmološke misli, i to Brahea, Keplera i Galileija, ali i G. Bruna i Descartesa, uz napomenu kako je bilo i puno drugih mislioca koji su svojim doprinosima prethodili novom znanstvenom i idejnom iskoraku Isaaca Newtona¹⁰². Među brojnim doprinosima spomenutih autora razvoju kozmološke misli ističemo one sastavnice njihova djelovanja koje su značajne za iskustveno utemeljenje kozmoloških teorija, od konstruiranja instrumenata, bilježenja podataka do oblikovanja modela s osobitom pozornošću na ulogu i značaj filozofije u tom procesu razvijanja novih teorija o kozmosu.

4.1. Kopernikanski obrat

Kopernik je cijeli svoj život posvetio razvoju svoga kozmološkog modela. Naime, prva skica Kopernikova¹⁰³ novoga modela kozmosa pojavila se 1512. u tekstu poznatom pod nazivom

¹⁰² Koliko se pojednostavljuje prikaz razvoja znanstvene misli u tom razdoblju detaljno prikazuje Pecker (2001), 187–190.

¹⁰³ Nikola Kopernik, teolog, matematičar, astronom, liječnik, pravnik. Detaljnije vidi: Pecker (2001), 187–189.

Commentariolus (Rasprava). U tom je tekstu Kopernik iznio sedam postulata, odnosno sedam novih alternativa tradicionalnoj kozmologiji: središte Zemlje nije središte kozmosa, središte kozmosa nalazi se blizu Sunca, a ne Zemlje, gibanja koja uočavamo na nebeskom svodu posljedica su gibanja Zemlje (isto vrijedi za gibanje Sunca), Zemlja se vrti oko vlastite osi, ali i oko Sunca kao svi drugi planeti, a kozmos je neizmjerljivo velik¹⁰⁴. Trideset godina kasnije, 1543. u djela *De revolutionibus orbium coelestium (O gibanjima nebeskih tijela)* Kopernik je dodao još jednu (osmu) hipotezu: orbite moraju biti kružne a gibanje mora biti jednoliko¹⁰⁵ te predstavio i zagovarao heliocentrični model kozmosa, uz napomenu da je zadatak astronomije ponuditi isključivo model koji čuva fenomen te u skladu s tim ni svoj model ne smatra apsolutno točnim u fizikalnom smislu¹⁰⁶. Staviti Sunce u središte kozmosa za Kopernika je bila samo jedna hipoteza (iako vodeća) puno zahtjevnijeg sustava koji je bio skiciran već u *Raspravi*. Ali osim na mjerenja i proračune Kopernik se pri gradnji svoga modela oslonio i na filozofijska promišljanja.

Naime, uvriježeno je mišljenje da je Kopernik pristupio izradi novoga modela kozmosa kako bi smanjio složenost Ptolemejeva modela koja je rasla s novim podacima. No, uz to postoje i tri druga motivacijska razloga metodološke naravi koja su mogla biti poticaj Koperniku za izradu novoga modela, a i nije bio zadovoljan Ptolemejevim modelom. Kopernikova glavna primjedba odnosila se na činjenicu da se središta epicikla nisu gibala jednolikom brzinom u odnosu na deferente. To je za njega bilo nespojivo s idejom jednolikoga kružnog gibanja, inače za Kopernika jedinog prikladnog za gibanje nebeskih tijela¹⁰⁷. Smetalo mu je i to što nije bio poznat raspored i udaljenost planeta, pa nije neobično što je sam puno pridonio efikasnijem izračunavanju srednje udaljenosti planeta od Sunca¹⁰⁸. Konačno, Kopernik je želio metodološki i estetički jednostavniji model od postojećega (utemeljen na što manjem broju hipoteza). Ipak, Kopernik nije mogao u potpunosti odbaciti postojeća učenja (npr. ideju kružnog gibanja) ni

¹⁰⁴ Usp. Kragh (2007a), 48. Detaljno navedene i objašnjene hipoteze vidi kod: Pecker (2001), 193–194. Kako Rheticus opisuje Keplera i uvid u kratak životopis vidi: Isti, 190–191.

¹⁰⁵ Usp. Pecker (2001), 192, 202.

¹⁰⁶ Glede ove tvrdnje postoje prijepori. Naime, uvod djelu nije napisao Kopernik nego Andreas Osiander, protestantski teolog zadužen za nadzor izdavanja djela, pa je Kepler 1609. pisao kako je zaista čudno da je Kopernik potpisao taj uvod, tj. takvo instrumenalističko stajalište. Vidi: Kragh (2007a), 48–49. Pecker pak smatra da bi Kopernik zauzeo takvo stajalište, no dodaje kako će odgovor na to pitanje morati ostati nepoznanicom. Vidi: Pecker (2001), 191, 212. No, upravo je takvo stajalište pridonijelo prihvatljivosti modela. Detaljnije vidi: Thurston (1996), 205. Usp. i: Kopernik (2003) str. 7–8.

¹⁰⁷ Detaljnije vidi: Pecker (2001), 202–206. Vidi i Thurston (1996), 205–210. Kopernikovu teoriju iz kuta elementarne matematike približava: Neugebauer (1983), 491–507.

¹⁰⁸ Detaljnije vidi: Pecker (2001), 195–202.

brojne sastavnice prijašnjega modela. Ali, upravo je to njegov model učinilo prihvatljivijim. Uz to, Kopernik je uspješno pomirio Aristotela i Ptolemeja – Aristotelovu ideju da tijelo mora biti u središtu sfere (Kopernik je postavio Sunce) i Ptolemejevo očuvanje fenomena – a s obzirom na to da su u to vrijeme ponovno otkrivene pitagorejska i neoplatonistička filozofija, novi je model i u tom smislu bio iznimno prihvatljiv. Naime, Sunce, kao najsajnije i najdostojanstvenije, bilo je savršeno za središte kozmosa¹⁰⁹.

Kopernikov je model bio ponešto jednostavniji¹¹⁰ i točniji, ali sa stajališta matematike ili geometrije nije bio ništa novo u odnosu na Ptolemejev model¹¹¹, a uz nedorečenosti modela u odnosu na postojeća opažanja, tehnički gledano, geocentrični ili heliocentrični model, nisu imali neku veliku astronomijsku razliku, ali zasigurno jesu filozofijsku¹¹². Zbog novih ideja koje je promicao brojni ga tadašnji znanstvenici nisu prihvatili¹¹³, a u konačnici model je odbacila i Crkva – 1616. godine djelo je stavljeno na listu zabranjenih knjiga. No, što je to bilo problematično kod Kopernikova sustava? Problem možda nije bio toliko u pomicanju Zemlje iz središta kozmosa, često se kao jedan od propadljivih elemenata ni ona nije smatrala tako povlaštenim mjestom već najnižim na ljestvici vrijednosti, najudaljenijim od Boga i anđela. Problem je bio taj što je sada Zemlja bila samo planet, ista kao i svi drugi planeti, a onda se možda i drugi planeti mogu pohvaliti s istim oblikom života, a to je već otvaralo vrata teološkom problemu¹¹⁴. Tako su, polako, ali sigurno, Kopernikove ideje dovele do promjene razumijevanja svijeta i čovjekova mjesta u njemu (odatle i naziv kopernikanski obrat). Štoviše, Kopernikov je kozmološki model još jedan od izvrsnih primjera neodvojivosti znanstvene od filozofijske misli. Naime, ideja heliocentrizma nije implicirala samo pomicanje jednog nebeskog tijela na neko drugo mjesto u nekom modelu, već je mijenjala i sliku kozmosa i razumijevanje te slike. Nije stoga neobično što su neki znanstvenici u to vrijeme branili tradicionalnu kozmologiju; oni koji su se služili Kopernikovim modelom odbacivali su ideju heliocentrizma, no oni poput Tycho Brahea ponuditi su još jednu, sasvim novu, alternativu¹¹⁵.

¹⁰⁹ Usp. i detaljnije: Kragh (2007a), 49; Pecker (2001), 192, 195, 207–208.

¹¹⁰ No, Pecker ističe da Kopernikov model zbog novih podataka na kraju u određenom vidu ipak nije bio jednostavniji. Vidi: Pecker (2001), 202.

¹¹¹ Cijelo Kopernikovo djelo temelji se na Ptolemejevom *Almagestu*, ističe Munitz i preporuča da se prije studije Kopernikova djela stekne uvid u Ptolemejevo djelo. Vidi: Munitz (1957), 152–153. Usp. i Kragh (2007a), 49–50.

¹¹² Usp. Kragh (2007a), 50; Thurston (1996), 206–207.

¹¹³ Usp. Pecker (2001), 191. Kopernikova kozmologija nije odmah prepoznata ni prihvaćena. Prepoznata je tek nakon nekoliko desetljeća. Prvi će to učiniti Kepler, vidi detaljnije: Koestler (2006), 50.

¹¹⁴ Usp. Kragh (2007a), 47.

¹¹⁵ Usp. i detaljnije Kragh (2007a), 50–51; Pecker (2001), 208.

4.2. O novoj zvijezdi

Tycho Brahe¹¹⁶ je 1572. na nebeskom svodu opazio novu zvijezdu (supernovu) i to je objavio godinu kasnije u knjizi pod naslovom *De nova stella (O novoj zvijezdi)*. To je opažanje bilo neizmjerljivo važno za astronomiju, kozmologiju i filozofiju. Naime, uočiti novu zvijezdu na nebeskom svodu značilo je da u svijetu zvijezda dolazi do promjena, a to je radikalno narušavalo stoljećima prihvaćenu Aristotelovu hipotezu o nepromjenjivim, savršenim, nebeskim sferama¹¹⁷. Uz to, kada je 1577. promatrao kretanje velikoga kometa i zapazio da je komet prošao kroz sfere Merkura i Venere, Brahe je zaključio da sfere nisu čvrsta tijela. Dakle, novi je model bio prijeko potreban, odnosno, nova opažanja i napredak u mjerenjima Brahe su ponukali na izradu alternativnog modela.

Godinu kasnije, u glasovitom djelu *Astronomiae Instauratae Progymnasmata (Uvodne vježbe za obnovljenu astronomiju)*¹¹⁸, Brahe je izložio novi model kozmosa koji je zapravo bio kombinacija dvaju postojećih modela, geo-heliocentrični model – svi planeti se gibaju oko Sunca, a Sunce i Mjesec oko Zemlje. Predviđanja modela bila su iznimno dobra, osim za paralaksu zvijezda, pa ne čudi što je do polovice XVII. st. Braheova kozmologija bila dosta popularna, a prihvatljiva i u crkvenim krugovima¹¹⁹. Nesumnjivo, Braheov je model još jedan izvrstan primjer isprepletenosti i neodvojivosti znanstvenoga istraživanja od filozofije. Naime, znanstveni model ne može biti prihvatljiv bez utemeljenosti u podacima (opažanjima), ali ni bez međusobnog usklađivanja brojnih parametara modela među kojima se nužno nalaze i postulati filozofijske naravi. U tom smislu na jednom mjestu Brahe piše:

Pitanje o tvari od koje je sačinjeno nebo nije zadatak astronoma. Astronom treba svoje istraživanje temeljiti na točnim opažanjima, njegov zadatak nije odgovoriti na pitanje što je nebo ili koji je uzrok da nebeska tijela postoje, njegov je zadatak ustanoviti kako se ta tijela kreću. Pitanje o tvari od koje je sačinjeno nebo ostavljeno je teolozima i fizičarima među kojima još ne postoji zadovoljavajuće objašnjenje¹²⁰.

¹¹⁶ Danski astronom, rođen godinu nakon Kopernikove smrti.

¹¹⁷ Usp. Kragh (2007a), 51; Pecker (2001), 209–211; Thurston (1996), 212.

¹¹⁸ Djelo se sastoji od tri toma od kojih je samo drugi dovršen; u osmom poglavlju drugog dijela pod naslovom *De mundi aetherei* Brahe govori o velikom kometu. Usp. Thurston (1996), 215; Kragh (2007a), 51.

¹¹⁹ Usp. i detaljnije: Kragh (2007a), 51, 55.

¹²⁰ Usp. i detaljnije, i citat preuzet iz: Kragh (2007a), 53.

Astronomi i fizičari (filozofi, tj. kozmolozi) bave se različitim pitanjima. Koliko su ta pitanja isprepletena primijetio je i sam Brahe za kojega je kozmologija dio fizike, tj. filozofije prirode, a ne astronomije. Kozmologiju, dakle, treba shvatiti šire.

Dodajmo još kao je godine 1600. na lomači spaljen filozof Giordano Bruno (ne zbog kozmoloških ideja), koji je o kozmološkim temama govorio u tri svoja teksta predlažući vlastitu verziju planetarnog sustava. Bruno nije bio znanstvenik pa nije ni pokušao razumjeti matematiku postojećih modela, niti je za svoj model tražio potvrde u opažanjima. Pitanja o broju i rasporedu planeta za njega nisu bila važna, vjerojatno stoga što je i komete smatrao planetima. Ipak sebe je smatrao reformatorom Kopernikova modela iznoseći sljedeće hipoteze: orbite planeta nisu nužno svedive na kružno gibanje, nebeska tijela i Zemlja građeni su od istih elemenata, fizički kozmos je veličinom bezgraničan i konstantno se mijenja pa stoga ni Zemlja ni Sunce nisu u središtu kozmosa. Točnije, središte ne postoji, postoje samo lokalna središta, a time vjerojatno i više istih sustava¹²¹. Tako su nova opažanja i mjerenja zaogrnuti novim filozofijskim idejama priredila tlo za novi iskorak kozmološke misli.

4.3. Kraj cirkularnosti

Za Joannesa Keplera. se može reći da je napravio istinski novi korak, revoluciju, u razvoju kozmološke misli. Pitanja kozmologije bila su njegov primarni interes. Iznimno se zanimao za prostorne i temporalne dimenzije kozmosa pa je svoj rad na tom području okrunio brojnim djelima, među kojima su najpoznatija *Astronomia nova* (*Nova astronomija*), *Harmonices mundi* (*Skladnosti svijeta*) i *Tabuli Rudolphinae* (*Rudolfinske tablice*). Uspjehu njegova rada znatno su pridonijela brojna opažanja i unaprjeđeni mjerni instrumenti što ih je ostavio Brahe. Za Keplera se kaže kako su se u njegovu životu susrele stara i nova filozofija. Naime, Kepler je bio teolog, astronom i filozof pitagorejskog duha, ali i empiričar kojem je velika odlika bila iznimna preciznost opažanja, a upravo će to dovesti do transformacije filozofije prirode u egzaktnu znanost i znatno obilježiti daljnji razvoj europske misli¹²². U tu je transformaciju Kepler uložio svoj život što potvrđuje obilna pismena ostavština iz koje ovdje izdvajamo najznačajnije misli, ideje i doprinose.

¹²¹ Usp. i detaljnije Kragh (2007a), 57–59; Pecker (2001), 355–358. Vidi kod Munitza reprint *O bezgraničnom univerzumu i svjetovima*, Bruno (1957), 174–189.

¹²² Usp. i nešto detaljnije o Keplerovu životu: Hawking (2003), 627–629; Pecker (2001), 213–214; Kragh (2007a), 62. Usp. i Koestler (2006), 51.

Kepler je godine 1596. izdao svoje poznato djelo *Mysterium Cosmographicum* (*Tajna kozmosa*)¹²³ u kojem je izložio svoju geometrijsku teoriju o orbitama planeta i njihovim udaljenostima (prijanjajući uglavnom uz pitagorejske i platonističke filozofijske postavke). Kepler, inače vjernik, pristao je uz ideju heliocentrizma i tako, u biti prvi, javno prihvatio kopernikanski model¹²⁴. U modelu koji je predložio Sunce je smjestio u središte kozmosa (smatrao je da to odgovara ideji Božjeg stvaranja kozmosa). Pa što je to bilo novo? Novo je bilo samo jedno pitanje. Pitanje koje nitko prije Keplera nije postavio: zašto se planeti bliži Suncu gibaju brže od onih udaljenijih? U navedenom djelu Kepler je ponudio odgovor. Odgovor je za Keplera bio Sunce. Sunce je jedna duša koja sve pokreće, i dalje je sve jasno. Štoviše, istinski heliocentričan, model kozmosa odgovarao je Keplerovu shvaćanju Sunca kao najizvrsnijeg tijela u kozmosu; »[...] kralj planeta po gibanju, srce svijeta po moći, oku uzvišeno po ljepoti i jedino dostojno velikoga Boga [...]«¹²⁵. Uz to, fizičko središte kozmosa za Keplera je Sunce (tzv. jedna duša) i ono je središte gibanja¹²⁶, a upravo je to jedna sasvim nova ideja – za sva planetarna gibanja potrebno je uvesti jedinstven dinamički pristup (bit će to važno Newtonu). Ostatak života Kepler je tražio matematička rješenja i opažajne potvrde za iznesenu teoriju. Štoviše, unatoč nepraktičnosti ideja kojima se služio i netočnih premisa, zaključci su bili začuđujuće točni i odlučujući za promjenu smjera razvoja moderne znanosti¹²⁷.

Brahe je Kepleru proslijedio podatke vlastitih istraživanja i prepustio proučavanje orbite Marsa što je Keplera dovelo do njegova najvećeg doprinosa razvoju znanstvene misli u obliku dva planetarna zakona¹²⁸. Dakle, svi se planeti gibaju po elipsama kojima je jedno od žarišta Sunce, a spojnica Sunce-planet u jednakim vremenskim intervalima prelazi jednake površine. Tako je postalo jasno da se, suprotno uvriježenom mišljenju, planeti ne gibaju jednoliko već brže kada su bliži Suncu. Kepler je objavio nove zakone 1609. u jednom od svojih najpoznatijih djela *Astronomia nova* (*Nova astronomija*)¹²⁹. Ipak, Kepler nije mogao dati odgovor na pitanje: zašto se planeti gibaju svojim stazama? To će učiniti tek Newton.

¹²³ Prvo „kopernikansko“ djelo nakon Kopernikove *De revolutionibus orbium coelestium* (*O gibanjima nebeskih tijela*).

¹²⁴ Usp. i detaljnije: Koestler (2006), 50–51.

¹²⁵ Usp. i citat preuzet iz: Kragh (2007a), 63–64.

¹²⁶ Problem je izrastao iz činjenice postojanja više središta: geometrijsko, opservacijsko, središte gibanja i realno, tj. fizičko središte, a oko njihovih odnosa su Ptolemej, Kopernik, Brahe i Kepler imali različita stajališta. Usp. detaljnije: Pecker (2001), 228–232.

¹²⁷ Usp. Hawking (2003), 629–630; Thurston (1996), 217–18; Koestler (2006), 52.

¹²⁸ Usp. i detaljnije Thurston (1996), 218; Pecker (2001), 218–227.

¹²⁹ Detaljnije o djelu vidi: Thurston (1996), 218–233; Koestler (2006), 51.

Dvadeset i pet godina nakon prvog izdanja, 1621., Kepler u bilješkama drugom izdanju *Mysterium Cosmographicum* (*Tajna kozmosa*) dodaje znakovitu tvrdnju da se pojam duša (*anima*) može zamijeniti pojmom sila. To je još jedan Keplerov iskorak, prijelaz s ideje produhovljenog kozmosa na ideju kozmosa u kojem je uzrok gibanja sila¹³⁰. Tako je Kepler na područje egzaktnih znanosti uveo pojam sile, očito ni sam ne sluteći brojne teškoće filozofijske i praktično-znanstvene naravi koje će iskrsnuti pri pokušaju određenja te sile. Naime, unatoč činjenici da se savršeno uklopila u kontekst egzaktnih znanosti, sila je još uvijek jedan od najzagonetnijih pojmova filozofije i znanosti. Keplerov prijelaz s jedne na drugu ideju jedan je od primjera transformacije ideje i migracije pojma iz filozofijskog u znanstveni kontekst.

Pred sam završetak djela *Astronomia nova* (*Nova astronomija*) 1609. u pismu jednom prijatelju Kepler je izložio ideju svoga programa, a ona je glasila:

Moj je cilj pokazati da nebeski stroj nije neko uzvišeno živo biće već neka vrsta sata koji radi (a onaj koji vjeruje da sat ima dušu, pridaje tvorčevu slavu djelu), uglavnom sva su mnogovrsna gibanja uzrokovana najjednostavnijom, magnetskom i materijalnom silom, baš kao što su sva gibanja sata uzrokovana jednostavnom težinom. I pokazujem, isto tako, kako te fizikalne uzroke izraziti numerički i geometrijski¹³¹.

Kepler nije ostvario postavljeni cilj. No matematizacija, kojoj je evidentno težio, postat će obilježje znanstvene revolucije koja je s njim i otpočela.

Ipak, iz Keplerova remek djela *Harmonices mundi* (*Skladnosti svijeta*) iz 1618. vidljivo je njegovo uvjerenje da je otkrio Božju logiku uređenja kozmosa. Kepler je uspio odgonetnuti na koji se način planeti gibaju. Njegovi su zakoni važni i zato što su bili prvi prirodni zakoni u modernom smislu – izražavali su univerzalno pravilo u odnosu na pojedinačni slučaj, precizno, jezikom matematike¹³². Ipak, glavni značaj Keplerovih teorija nije bio u tome što su bile jednostavnije ili što su bolje predviđale položaje i gibanja planeta. Keplerova fizika neba bila je pogrešna, on nije poznavao inerciju i odbacio je ideju gravitacije (vjerojatno mu nije bila dovoljno znanstvena). No, Keplerova temeljna postavka, da na planete djeluje nekoliko sila,

¹³⁰ Usp. Jammer (1957), 82–91. Vidi i: Koestler (2006), 51.

¹³¹ Citat preuzet iz: Koestler (2006), 52–53.

¹³² Usp. Koestler (2006), 50.

vodila je u pravom smjeru. Tako je Kepler, u pokušaju da objasni mehanizam sunčeva sustava uz pomoć fizikalnih sila, usmjerio astronomiju na put kojim će postati dio fizike¹³³.

4.4. Knjiga prirode ispisana jezikom matematike

Galileijev¹³⁴ izum teleskopa simbolizira završetak vremena astronomije temeljene na opažanjima golim okom¹³⁵. Uz to, Galilei je naglasak stavljao na rezultate eksperimenata i jezik matematike te je tako bitno unaprijedio razvoj metodologije eksperimenta. Naime, već je 1589. djelom *O gibanju (De motu)* postao predvodnikom znanstvene reformacije kojom će se fizika, do tada dio filozofije, razviti u prirodnu znanost. Matematika ima određenu točnost kojoj se može vjerovati, smatrao je Galilei, i unatoč kritikama koje su ga pratile, tvrdio da je istinitost prirode dohvaćena tek u trenutku kad se u fenomenu prepoznaju matematičke pravilnosti¹³⁶, odnosno, kozmos se može razumjeti samo jezikom matematike kojim je pisana knjiga prirode. Tako je Galilei otvorio put matematizaciji fizike, matematičkom formuliranju eksperimentom utvrđenih zakonitosti i položio temelje modernoj fizici¹³⁷.

Galileija nisu zanimala filozofijska tematiziranja, no neupitan je njegov filozofijski značaj. Upravo je Galilei istaknuo razliku između primarnih i sekundarnih kvaliteta (temeljno obilježje empirizma). Inzistirao je na relativnosti gibanja čime je Zemlja, još jednom, gubila privilegirano mjesto u kozmosu. Galilei je proces tradicionalnoga načina istraživanja prirodnih zakona, uvidom u narav, usmjerio matematičkim relacijama i otvorio put razvoju dinamike. Štoviše, razvio je metodu znanstvenog istraživanja te istodobno obogatio i prirodnu znanost i epistemologiju. Naime, polemičko djelo *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono (Rasprava o plutajućim tijelima)* iz 1612., predstavlja početak novog razdoblja u filozofiji znanosti. U njemu se Galilei koristio rezultatima eksperimenta za pobijanje filozofijskih pretpostavki i formirao model eksperimentalne filozofije. Godinu poslije, u djelu *O Sunčevim pjegama*, Galilei je iznio analogiju o zemaljskim i solarnim fenomenima koristeći se matematikom. Deset godina kasnije, u djelu *Il Saggiatore (Istražitelj)*,

¹³³ Usp. i detaljnije: Hawking (2003), 632; Thurston (1996), 233; Koestler (2006), 53.

¹³⁴ Galileo Galilei. Talijanski fizičar i astronom. Detaljnije vidi: Drake (2006), 8–13; Hawking (2003), 391–398. Pamti ga se i po sukobu s Crkvom, neki (neupućeni u slučaj) smatraju ga mučenikom znanosti. Detaljnije: Kešina & Radošević (2009), 504–514; Drake (2006), 8–9; Pecker (2001), 233; Morandini (2012), 27–42.

¹³⁵ Usp. Thurston (1996), 233; Pecker (2001), 233, 249.

¹³⁶ Usp. Kešina & Radošević (2009), 501–502; Drake (2006), 10.

¹³⁷ Usp. Pecker (2001), 250–255; Hawking (2003), 397–398.

Galilei je naznačio razliku između pravilnog i nepravilnoga korištenja opažanja i eksperimenta te između primarnih i sekundarnih kvaliteta, a naglasio je i nužnost klasifikacije jezika pri korištenju pojmova koji se odnose na fizikalno. U *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (*Dijalog o dvama glavnim svjetskim sustavima*) iz 1632. Galilei je istaknuo da su fizikalne istine beskonačne brojem, ali tvore koherentnu cjelinu pa ih se može obuhvatiti samo kao konačan dio beskonačne cjeline. Iskustvo je nužno, ali može biti varljivo i navoditi na krive zaključke. Tako je već kod Galileija prisutna ideja prirodne znanosti kao procesa sukcesivnih aproksimacija. Svaka razina istraživanja nužno pretpostavlja kombinaciju empirijskog iskustva, promišljanja i matematike kako bi bila temelj dedukcije (ali ako nedostaje matematički element, izostaje apsolutna točnost). Galilei i fiziku određuje kao zasebnu disciplinu s vlastitom metodologijom. Međutim, razlika između Galileija i Keplera u primjeni matematike u prirodnoj znanosti, posebno u astronomiji, bila je u tome što je Kepler matematiku razumio u pitagorejsko-mističnom smislu dok je Galilei matematiku smatrao praktičnim alatom, testom fizikalne točnosti. No, ni Galilei nije bio u potpunosti spreman slijediti matematičku dedukciju, kamo god ona vodila¹³⁸.

Kao mladić Galilei je zastupao tradicionalnu kozmologiju, no to se brzo promijenilo i Galilei je postao zagovornik Kopernikova modela. Galilejeva posebnost u odnosu na astronomski pristup Kopernika, Brahea, Keplera i Bruna, bio je fizikalni pristup. Sam Galilei gledao je na kozmologiju s dozom skepticizma i indiferentnosti¹³⁹. Međutim, njegov izum optičke cijevi (1610.) uvelike je utjecalo i na njegovo prihvaćanje kopernikanske teorije i na promjenu slike svijeta. U djelu *Sidereus nuncius* (*Zvezdani glasnik*) koje je objavio iste godine Galilei je iznio svoja prva astronomska otkrića¹⁴⁰. Detaljnija su opažanja pomogla Galileiju da trenutno riješi problem Mliječne staze koji je astronome i filozofe mučio stoljećima, a riječ je bila jednostavno o grupi zvijezda. No Galilei je opazio i točke na Suncu, Sunčeve pjege, te je motreći promjene njihovih pozicija opovrgao staru ideju o Suncu kao savršenom svetom tijelu i potvrdio točnost rotacije Sunca. Nepravilnosti je opazio i na površini Mjeseca pa je zaključio da ni Mjesec nije savršeno kuglasto nebesko tijelo. Ali i oko Jupitera je opazio točke koje su mijenjale pozicije, Jupiterove mjesece koji su se kretali oko tog planeta, a to je pobijalo staru Aristotelovu tvrdnju da sva nebeska tijela kruže oko Zemlje. Dakle, postalo je jasno da masivna nebeska tijela na

¹³⁸ Usp. Drake (2006), 11–13.

¹³⁹ Vidi: Hawking (2003), 394. Iako je Galilei na Keplerovo djelo *Mysterium cosmographicum* reagirao s dozom skepse njihova se korespondencija nastavila, a na koncu je Galilei Kopernika, Keplera i sebe smatrao glasom istine. Vidi: Kešina & Radošević (2009), 507.

¹⁴⁰ Usp. Drake (2006), 8.

neki način, nekom silom, utječu na manja pa se ona gibaju oko njih. Na koji način ta sila funkcionira promišljat će XVII. stoljeće, sve dok konačno Newton ne ponudi odgovor u obliku gravitacije. No, Galilei je shvatio da novim instrumentom može približiti planete, ali ne i zvijezde što je za Galileija bila potvrda njihove iznimno velike udaljenosti od Zemlje, te uz Venerine faze, dodatni razlog za prihvaćanje Kopernikova modela¹⁴¹.

4.5. Teorija vrtloga

Najveća novost novoga vijeka bila je Descartesova¹⁴² potraga za jednoznačno osiguranim temeljima ljudske spoznaje, odnosno metoda univerzalne sumnje (metodička skepsa) kojom se odbacuje sve što nije jasno i razgovijetno spoznato. Descartes u svojoj *Raspravi o metodi* (*Discours de la méthode*) određuje „pravu metodu“ svedenu na četiri jednostavna načela nove znanosti. Prvo načelo zahtijeva jasnoću i razgovjetnost spoznaje što jamči njezinu izvjesnost, poput očitosti prvih počela. Drugo načelo zahtijeva analizu odnosa lako–teško, tj. rastavljanje problema na najjednostavnija pitanja. Treće načelo zahtijeva sintezu koja polazi od najjednostavnijih predmeta i napreduje do spoznaje najsloženijih, a četvrto potpunost, tj. izradu „općeg pregleda“. Ta se četiri načela po Descartesu moraju primijeniti na spoznaju svih bića jer osiguravaju ispravan put spoznaje istine i bitka bića¹⁴³.

Descartesove ideje o tvari, prostoru i vremenu te rad na području fizike bili su važni za razvoj kozmologije. Sam Descartes bio je pobornik Kopernikova sustava. Sustavni sažetak Descartesove metafizike, fizike i kozmologije nalazimo u *Principia philosophiae* (*Načela filozofije*)¹⁴⁴ iz 1644. Njegova je kozmologija bila kvalitativna i spekulativna te je doživjela velik uspjeh, ali više u društvenom smislu. Određeni znanstvenici pokušali su je formulirati kvantitativno, ali je zbog brojnih i očitih teškoća u znanstvenom kontekstu zaboravljena već 1730-40ih¹⁴⁵.

¹⁴¹ Usp. Kešina & Radošević (2009), 503–504; Kragh (2007), 61–62; Pecker (2001), 243–249; Hawking (2003), 395.

¹⁴² René Descartes, prvi moderni filozof i utemeljitelj analitičke geometrije.

¹⁴³ Svoj filozofijski sustav Descartes uspoređuje sa stablom, korijeni su mu metafizika (metafizički korijeni spoznaje), deblo fizika, a grane sve ostale znanosti (glavne su: mehanika, medicina i etika). Usp. Talanga (2012), 221–223.

¹⁴⁴ Prvi dio djela posvećen je metafizičkim i spoznajnim pitanjima, drugi fizici, dok se treći i četvrti bave nebeskim i zemaljskim pojavama. Vidi: Talanga (2012), 222.

¹⁴⁵ Usp. Kragh (2007a), 69; Pecker (2001), 261, 265.

Ukratko, Descartesova fizika i kozmologija sadržavale su geometriju i teoriju gibanja. Descartes je prirodu razumio isključivo u okvirima mehanike. Prihvatio je ideju da je Sunce u središtu kozmosa, ali i mogućnost postojanja mnoštva sličnih sustava pa njegovo razumijevanje kozmosa možemo odrediti kao poli-heliocentrično. No, nakon Kuzanskog i Bruna, on je napravio korak dalje tvrdnjom da u prostorno beskonačnom kozmosu pojam središta gubi smisao, a time i geocentrični i heliocentrični sustav postaju samo relativni modeli opisa svijeta¹⁴⁶. Uz to, za Descartesa nije postojao prostor bez tvari, za njega su prostor ili protežnost bili isto što i tvar, baš kao što će biti i Einsteinu. Kozmos je za Descartesa beskonačan jer je nemoguće pojmiti granice tvari od koje je sastavljen¹⁴⁷.

Bog je stvorio materijalni svijet i uredio prirodne zakone, a sve dalje samo je posljedica proizašla iz zakona gibanja i početnih uvjeta. Razlike koje spoznajemo iskustvom samo su različita stanja gibanja i sve se može svesti na mehaničke procese uređene prirodnim zakonima – kartezijanski kozmos pokrenuo je Bog, mehanički, gibanjem čestica tvari¹⁴⁸ u vrtlozima različitih veličina. Ta vrtložna gibanja postoje i na mikro i na makro razini gdje veliki nebeski vrtlozi nose planete i istovremeno utječu na druge nebeske fenomene¹⁴⁹, a vakuum između planeta i zvijezda u svakoj točki ima korpuskularnu strukturu (prostor je plenum). No, Descartes nije bio atomist, njegovi su elementi bili djeljivi u beskonačnost. Razlikovao je tri vrste elemenata: svjetleće, transparentne i neprozirne. Od prvih su građeni Sunce i zvijezde, od drugih nebeski elementi, a od trećih Zemlja i planeti. Jedino stabilno gibanje je kružno, odnosno eliptično. Sudaranja čestica su svojevrsan motor uz pomoć kojeg se sve giba i stvara vrtlog te tako nastaju nebeska tijela. Svaki vrtlog postaje novi solarni sustav unutar kojeg gibanje proizlazi iz kombiniranih učinaka inercije i udara. Pri tome vrijedi zakon gibanja koji kaže da se gibanje događa po principu očuvanja količine gibanja što vrijedi i u današnjoj znanosti¹⁵⁰. Svi su dakle principi kartezijanske filozofije izvedeni iz svojevrsnoga dualizma između atomizma i kopernikanizma u beskonačno proširenom euklidskom prostoru u kojem je suvišna sila koja djeluje na daljinu. Tom detaljnom, ali kvalitativnom teorijom vrtloga Descartes je pokušao objasniti gotovo sve. Newton je bio upoznat s tom teorijom, no smatrao ju je

¹⁴⁶ Usp. Kutleša (2003), 59.

¹⁴⁷ Usp. Kragh (2007a), 67–68; Pecker (2001), 265.

¹⁴⁸ Stvoritelj im je podario kružna gibanja. Usp. Kutleša (2003), 59.

¹⁴⁹ Usp. Kragh (2007a), 68.

¹⁵⁰ Usp. Kutleša (2003), 59.

neodgovarajućom i upravo je on teorijom gravitacije potisnuo Descartesove ideje u drugi plan¹⁵¹.

5. Newtonovo razdoblje

Novovjekovno razdoblje obilježila su dva trenda različite naravi. Prvi, izrada naprednijih i preciznijih teleskopa – širenje dometa opažanja te otkrića brojnih novih nebeskih objekata. Drugi, filozofijska spekulacija koja je pokušavala ponuditi cjelovite teorije o kozmosu¹⁵². Ipak, s Newtonom, odnosno njegovim zakonom opće gravitacije, ovo razdoblje dobiva novu dimenziju. Zakon opće gravitacije postaje temelj novih, prvih znanstvenih kozmogonija kao što su Kantova i Lambertova¹⁵³, a kozmologija prvi put dobiva određenu mjeru znanstvenog autoriteta. Rastu znanstvenog autoriteta kozmologije u prilog su išla sve preciznija i brojnija opažanja te na koncu razvoj spektroskopije s kojom će kozmologija dobiti i fizikalnu dimenziju.

5.1. Na ramenima divova ili teorija gravitacije

Newton¹⁵⁴ je ponudio više znanstveno-filozofijski važnih ideja i znanstvenih doprinosa: ideju prirodne (eksperimentalne) filozofije, teoriju gravitacije, zakone gibanja, a izradio je i prvi teleskop s konkavnim zrcalom. Općenito rečeno, Newtonova je fizika bila iznimno priznata, a teorija gravitacije je kozmologiji prvi put osigurala određenu mjeru znanstvene vrijednosti¹⁵⁵.

Na ideju eksperimentalne filozofije Newton je došao u vrijeme još tada popularne kartezijanske astronomije i kozmologije krajem XVII. st. a razvijao ju je više godina. Najbolji prikaz ideje eksperimentalne filozofije otkriva Newtonova korespondencija, tj. rasprava oko svjetla i boja. Osnovu Newtonove eksperimentalne filozofije možemo izraziti na sljedeći način: eksperimentalno utvrđena svojstva predmeta imaju prednost u odnosu na hipoteze, ali i ona su otvorena korekciji, i to kritikom same metode ili novim rezultatima istraživanja¹⁵⁶. Ta je tvrdnja iznimno značajna jer povezuje znanost i filozofiju te određuje uloge filozofije i znanosti u

¹⁵¹ No moderna fizika će se na neki način čak i vratiti na kartezijansku perspektivu. Usp. Pecker (2001), 261–263.

¹⁵² Usp. Kragh (2007a), 75.

¹⁵³ Usp. Kragh (2007a), 3.

¹⁵⁴ Engleski fizičar, matematičar i astronom. Detaljnije vidi: Harper (2006), 590–591. Vidi i: Kutleša (2003), 60–70.

¹⁵⁵ Usp. Kragh (2007a), 67.

¹⁵⁶ Usp. Harper (2006), 590–593.

procesu stjecanja znanstvenog znanja. To je temeljna postavka Newtonove djelatnosti, spoj filozofijskog, eksperimentalnog i opservacijskog pristup. Ne čudi stoga što je upravo »s Newtonovim radovima započeo razvoj egzaktnih metoda u istraživanju gibanja svemirskih tijela. Kao posebne grane astronomije pojavile su se nebeska mehanika i teorijska astronomija«¹⁵⁷.

Zakon gravitacije je Newtonov najvažniji doprinos razvoju kozmologije. Nalazimo ga već 1685. u djelu *Tractationes de Motu (Traktati o gibanju)*¹⁵⁸ – to je djelo Newton razvio u glasovite *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Matematički principi filozofije prirode)* izdano 1687. U posljednjem od tri dijela toga djela Newton je razvio teoriju gravitacije koja, ako se izuzmu relativistički efekti, vrijedi i danas. Zakon gravitacije, izložen u *Principima*, kaže da je svojstvo svih tijela u kozmosu da se privlače silom koja je razmjerna umnošku njihovih masa, a obrnuto razmjerna kvadratu njihove udaljenosti. S obzirom na to da je ta sila ista i u odnosu na gibanje planeta i gibanje tijela u slobodnom padu dolazi do prve unifikacije sila, odnosno s Newtonom je u potpunosti ukinuta Aristotelova podjela na nebesku i zemaljsku fiziku. Iz kozmologijskoga kuta to je djelo osobito važno jer nudi prvo matematički formulirano objašnjenje svih poznatih nebeskih fenomena na temelju jednoga skupa fizikalnih zakona, s iznimnom mogućnošću matematičke primjene i s impresivnim rasponom učinkovitosti¹⁵⁹.

Na ramenima divova, kako je sam tvrdio, Newton je u *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Matematički principi filozofije prirode)* povezao svemir. U njegovu kozmosu prostor i vrijeme su apsolutni, a gravitacija je sila koja sve povezuje. Gravitacija, sila koja djeluje na daljinu, predstavlja srž Newtonove slike svijeta – zakon koji vrijedi univerzalno i objašnjava gibanja nebeskih tijela. No, priroda i značenje gravitacije ubrzo su stavljeni pod upitnik, pa i od samoga Newtona, a brojnim je znanstvenicima takva sila bila u potpunosti neprihvatljiva. Newton je bio siguran da gravitacija postoji i objašnjava sva gibanja¹⁶⁰.

¹⁵⁷ Prva proučava zakonitosti u gibanju tijela pod djelovanjem međusobno privlačne sile, druga iz opažajnih prividnih položaja tijela određuje njihove prave staze te na temelju dobivenih podataka predviđa buduće položaje nebeskih tijela. Vujnović (2009), 45.

¹⁵⁸ Newton je djelo izdao na poticaj kolege Edmunda Halleya koji je prepoznao važnosti nekih njegovih otkrića (1684.).

¹⁵⁹ Usp. Kragh (2007a), 70.

¹⁶⁰ Usp. Kragh (2007a), 70.

Možemo reći da Newtonova uporaba pojmova vremena, prostora, mjesta i gibanja u apsolutnom i relativnom, istinskom i prividnom, matematičkom i vulgarnom smislu otkriva da je Newtonova spoznajna usmjerenost nadišla čisto znanstvene interese (iako se djelo može tumačiti isključivo iz znanstvenog kuta), ali i da se cjelovit odgovor na pitanje kozmosa ne može ponuditi samo s razine empirijske znanosti. Pitanje kozmosa uključuje probleme koji upućuju na isprepletenost i neodvojivost metafizičkog, logičkog, epistemološkog i empirijskog u pitanju kozmosa. Možemo reći da je Newton idejom eksperimentalne filozofije naslutio sasvim dobro – kozmologiju treba shvatiti šire. Apsolutni prostor je za Newtona sasvim samostalan prostor, neovisan ni o čemu drugom, pa ni o tvari (to je bila izravna kritika Descartesa) koja se u njemu nalazi, nije njom uvjetovan i postojao bi kada tvari uopće ne bi bilo¹⁶¹. Apsolutni prostor ostaje uvijek isti (*similare*) i nepokretan (*immobile*). Relativni prostor je ona mjera ili pokretna dimenzija (*dimensio mobilis*) apsolutnog prostora koja se određuje svojim položajem u međusobnim odnosima tijela¹⁶². U tom smislu, fizički je svijet s tijelima koja su u gibanju smješten u jedan apsolutni prostor koji ga prožima, a s obzirom na to da se nema kamo gibati predstavlja statičan temelj prema kojem se ravnaju gibanja svih tijela¹⁶³. Newtonov apsolutni prostor je sveobuhvatni kozmički koordinatni sustav trodimenzionalne euklidske geometrije¹⁶⁴. Dakle, apsolutno u kontekstu prostora i vremena znači da su intervali prostora i vremena između dva događaja isti za sve promatrače tog događaja. No za Newtona prostor je nešto puno više od samo mjerljive prirode, on je *sensorium* Boga¹⁶⁵.

Na sličan način Newton definira apsolutno vrijeme. Ono je nešto što teče ravnomjerno bez obzira na nas i na događaje u svijetu. Apsolutno, istinsko i matematičko vrijeme naziva se i trajanje (*duratio*) i sasvim je neovisno o kontekstu. Ono neprestano ravnomjerno teče, i po Newtonovoj pretpostavci, apsolutno vrijeme bi postojalo čak i kad fizički svijet ne bi postojao – ono je kontinuirani beskonačni numerički slijed. Relativno, prividno ili vulgarno vrijeme izvodi se na temelju gibanja, a naziva se dan, mjesec i sl. Newton je tako u povijesti europske metafizike postavio neobičnu i izuzetnu pretpostavku – temelj svega postojećeg je apsolutno

¹⁶¹ Usp. Pavlović (1978), 156; Harper (2006), 592. Činjenica je da je Newtonovo odbacivanje kartuzijanizma započelo još dvadesetak godina prije nego što je Newton napisao poznatu *Principiu* gdje je već jasno tvrdio kako su tvar i prostor odvojeni, vidi: Kragh (2007a), 70–71.

¹⁶² Usp. Pavlović (1978), 160.

¹⁶³ Usp. Pavlović (1978), 161.

¹⁶⁴ Usp. Pavlović (1978), 162.

¹⁶⁵ Takvo nešto nije bilo prihvatljivo Leibnizu koji je smatrao da reći kako je prostor *sensorium* Boga znači isto što i dati Bogu dijelove, a to je neprihvatljivo u odnosu na Božje attribute.

matematičko vrijeme, tj. ono *trajanje* iz kojeg proizlazi svako prirodno i svako drugo relativno vrijeme¹⁶⁶.

Za razliku od apsolutnog prostora i vremena, relativni prostor i vrijeme su prostor i vrijeme našega svakodnevnog iskustva. Naime, Newton je uveo razliku između apsolutnog i relativnog prostora i vremena zbog razlike koju je uveo u odnosu na apsolutno (istinito) i relativno (prividno) gibanje. Ta je razlika proizlazila iz zakona gibanja¹⁶⁷. Tako unutar relativnog prostora i vremena postoji relativna promjena i relativna gibanja koja mi zamjećujemo, no ta gibanja nisu ista u apsolutnom prostoru i vremenu. Dakle, ono što se u relativnom prostoru i vremenu giba nekom brzinom u nekom smjeru može u apsolutnom prostoru i vremenu biti u stanju apsolutnog mirovanja. Relativna gibanja su spoznajno lako dohvatljiva, no apsolutna je teško ili nemoguće spoznati jer ne ostavljaju utiske na osjetila¹⁶⁸. Newton je, međutim, bio uvjeren da se apsolutna gibanja u apsolutnom prostoru i vremenu mogu spoznati pa je izvodio misaone eksperimente kako bi to dokazao (rotirajuća posuda napunjena vodom najpoznatiji je primjer), ali ti eksperimenti nisu bili baš uvjerljivi te su ih već njegovi suvremenici (npr. G. Berkeley) i sljedbenici (npr. R. Bošković ili kasnije E. Mach) kritizirali. Među oponentima Newtonu našao se i Leibniz koji se nije slagao s Newtonovom teorijom prostora i vremena. Smatrao je da se o prostoru i vremenu ne može govoriti bez uzimanja u obzir postojanja tvari. Pojmovi prostora i vremena su besmisleni, ako se ne promatraju u odnosu na tvar, tj. povezano s tvari.

Teško je točno odrediti je li s Newtonom završena ili je tek počela priča o gibanju nebeskih tijela. Činjenica je da je Newton izveo zakon gravitacije koji je objasnio gibanja planeta i istovremeno pojave kao što su plima i oseka točno prepoznao kao posljedice gravitacijskog djelovanja. Uspjeh Newtonove teorije gravitacije dolazio je iz empirijski potvrđenih i izmjerenih parametara¹⁶⁹ te je tako dokazao postojanje jedne od četiri fundamentalne sile za koje se danas vjeruje da organiziraju svu svemirsku tvar¹⁷⁰. Štoviše, ni jedna sila nije toliko promijenila razumijevanje prostora i vremena, a time i pogled na kozmos, kao što ga je

¹⁶⁶ Usp. Pavlović (1978), 156–157.

¹⁶⁷ Usp. Harper (2006), 592.

¹⁶⁸ Usp. Harper (2006), 592.

¹⁶⁹ Male nedostatke koji su se pokazivali tijekom mjerenja riješit će Einstein nekoliko stoljeća kasnije otkrivanjem teorije opće relativnosti koja odgovara upravo Newtonovim standardima empirijskoga uspjeha. Usp. Harper (2006), 593.

¹⁷⁰ Detaljnije o kvartetu sila vidi kod: Zovko (2002), 10–31.

promijenila gravitacija. No, taj je sržni sastojak Newtonova kozmosa i danas je jedno od aktualnijih znanstvenih i filozofijskih pitanja. Ideja Aristotelova sfernog geocentričnog sustava već je bila srušena, sada je i Aristotelova fizika neba zamijenjena Newtonovom, a gravitacija je predstavljala prekretnicu za fiziku i kozmologiju, ali i za samoga Newtona. Naime, Newton je zagovarao ideju apsolutnog prostora i vremena, a posljedice postojanja gravitacije potvrđivale su ideje Kuzanskog i Bruna, odnosno, ako se sva tijela privlače i teže prema jednoj središnjoj točki, tada bi se u određenom intervalu vremena ovisnom o brzini, masi, tj. jačini gravitacije, sve zvijezde našle upravo u toj točki. Naravno, ako je riječ o ograničenom kozmosu i konačnom broju zvijezda kojima možemo odrediti središte. Tako su Newtonovi zakoni implicirali činjenicu suprotnu Newtonovim tvrdnjama, potvrđivali su ideju beskonačnosti. Ipak, još će neko vrijeme beskonačnost ostati čudna i nepoželjna ideja¹⁷¹.

5.2. XVIII. i XIX. stoljeće

5.2.1. Zvijezde stajačice

S povećanjem preciznosti i jačine teleskopa u XVIII. st. u središte interesa astronoma dolaze zvijezde stajačice. Usporedbom podataka opažanja skupljenih kroz stoljeća, od *Almagesta*, prvo Halley (1718.) pa zatim J. T. Mayer (1760.) uočavaju da su najsajnije zvijezde promijenile svoje položaje. Upravo je Mayer zaslužan što je ideja gibanja zvijezda postala prihvatljivom, a pojam „zvijezda stajačica“ postao termin koji asocira na neka davna razumijevanja neba. Naglasak astronoma stavljen je na istraživanja gibanja nebeskih tijela (i zvijezda) i potragu za opažanjima koja će potvrditi rotaciju Zemlje oko Sunca koja uglavnom (i barem privatno) više nije bila upitna hipoteza. Dokaz rotacije Zemlje oko Sunca pojavio se 1728. u radu Jamesa Bradleya pod naslovom *Novootkriveno gibanje zvijezda stajačica*¹⁷². Naime, Bradley je u potrazi za paralaksom zvijezda (*Gamma Draconis*) otkrio pojavu zvanu aberacija svjetlosti koja je posljedica rotacije Zemlje oko Sunca, ali (s obzirom na to da sve zvijezde pokazuju istu aberaciju) i potvrda konačne brzine širenja svjetlosti¹⁷³. To je otkriće bilo značajno za astronomiju, ali i za kozmologiju jer je neposredno dokazivalo valjanost heliocentričnog

¹⁷¹ Detaljnije vidi: Kragh (2007a), 75.

¹⁷² Usp. Kragh (2007a), 76.

¹⁷³ Danas razlikujemo više vrsta aberacije svjetlosti, u prvom redu godišnju i dnevnu. Detaljnije vidi: Vujnović (2009), 45–47, 75.

sustava. No još važniji zaključak do kojega je Bradley došao, a poklapao se s Newtonovim, jest da se udaljenosti između zvijezda moraju mjeriti u milijunima astronomskih jedinica¹⁷⁴.

5.2.2. Evolucijska perspektiva

Novovjekovno razdoblje nije bilo bogato samo novim opažanjima već i filozofijskim doprinosima kozmološkim teorijama. Neke od filozofijskih kozmologija razvijale su iznimne ideje koje su promijenile način razmišljanja o određenim kozmološkim problemima. Među idejama koje su se pojavile osobito se istaknula tzv. evolucijska perspektiva. Naime, Immanuel Kant je razvio vlastiti kozmološki sustav koji se pojavio 1755. pod naslovom *Opća povijest prirode i teorija neba* (*Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*). Ta je knjižica otvorila jedno novo poglavlje u povijesti kozmologije jer je kozmos u njegovoj cjelovitosti razumjela u naturalističkom i evolucijskom smislu¹⁷⁵ – smatra se najzanimljivijim i bitnim djelom pred-kritičkog razdoblja. U svom kozmološkom sustavu Kant spaja Newtonovu teoriju gravitacije, atomistički materijalizam, Descartesova razmišljanja i Wrightove ideje o Mliječnoj stazi¹⁷⁶. Prema Kantu primarni kaos (hladni oblak prašine) nužno mora evoluirati u uređene strukture kozmosa (u kojem se procesi odvijaju djelovanjem privlačnih i odbojnih sila). Pripisati evoluciju kozmosu bila je iznimna inovacija Kantove teorije. Taj dinamičan kozmos obilježen je kreacijom koju je Kant smatrao procesom koji iz središta beskonačnog kozmosa donosi život (poput širenja vala), aktivnost i uređenost. Tako i velike strukture od kojih je sastavljen kozmos, po Kantovu mišljenju, rotiraju oko zajedničkog središta – ne geometrijskog već središta kozmičke evolucije. Mliječna staza je iznimno velika skupina zvijezda koja ima oblik diska, tvrdio je Kant, a tome je dodao i da su maglice (nebule) ustvari različite kategorije zvijezda iste vrste i strukture kao Mliječna staza, odnosno Mliječna staza je samo jedna od nebula¹⁷⁷. Uz to, Kant je u svojoj *Kritici čistog uma* (*Kritik der reinen Vernunft*) iznio analizu jednog od temeljnih kozmoloških pitanja (starog pitanja o vječnosti svijeta) zaključivši da se (prva) antinomija¹⁷⁸ odnosi na tvrdnje: svijet ima početak u prostoru i vremenu; svijet nema nikakav početak ni granice u prostoru, beskonačan je u prostoru i vremenu. Dakle, kako vidimo, pitanja o nebulama, strukturi Mliječne staze i gibanjima velikih sustava tematizirala su se sve

¹⁷⁴ Usp. Kragh (2007a), 76–77; Vujnović (2009), 47. Inače, astronomska jedinica (AJ, eng. AU) jednaka je $149\,597\,870\,691 \pm 30$ metara (približno 150 milijuna kilometara).

¹⁷⁵ Usp. Kragh (2007a), 78–79.

¹⁷⁶ Usp. Munitz (1957), 145.

¹⁷⁷ Usp. Kragh (2007a), 80–81.

¹⁷⁸ Antinomija ili protuslovni iskaz – proturječnost između dvaju načela ili između dvaju zaglavaka koji su izvedeni iz podjednako vjerodostojnih premisa, pa se stoga oba mogu smatrati prihvatljivima.

više, a odgovori poput Kantova otkrivaju da su do toga razdoblja astronomija i kozmologija, koja je još uvijek smatrana dijelom filozofije, bile nerazdruživo vezane. Štoviše, sasvim je razvidno da, želimo li ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa, kozmologiju moramo shvatiti šire.

U ovom kontekstu treba spomenuti još nekoliko značajnih ideja. Najprije, teoriju sličnu Kantovoj ponudio je J. H. Lambert (1761.), a J. R. Bošković (1758.) je razvijao nekoliko kozmoloških ideja koje će se pojaviti tek stotinjak godina nakon njega (riječ je o ideji postojanja drugih svjetova koji nisu kauzalno vezani, pa čak relativističko poimanje kozmosa). G. L. Leclerc, Comte du Buffon (1778.) je odlučio eksperimentalno odrediti starost Zemlje (75 000 godina pa i više) što je impliciralo da kozmos mora biti ili stariji ili iste starosti kao Zemlja. Time je prvi put postavljena znanstveno utemeljena donja granica starosti kozmosa¹⁷⁹. No, možda se najviše istaknuo William Herschel¹⁸⁰ koji je poput Kanta smatrao da je Mliječna staza nebula poput svih ostalih (nije bio prvi koji je postavio tzv. teoriju svemirskih otoka, ali je prvi koji ju je podupro podacima opažanja). Bio je uvjeren da je empirijski uvid u evoluciju nebeskih tijela moguć te je u tom smislu i smatrao da su zvijezde svojevrsni nebeski laboratoriji. Koliko je njegovo razmišljanje bilo ispravno pokazat će se stoljeće kasnije primjenom spektroskopije u astronomiji. Prema njegovoj verziji nebularne hipoteze (1811.) neke maglice su sastavljene od zagrijanih plinovitih oblaka koji prolaze različite faze kondenzacije tijekom formiranja u nebeske objekte. Ta će hipoteza postati sastavnim dijelom kozmoloških spekulacija o evoluciji zvijezda iz nebula¹⁸¹.

Nebularnu teoriju matematički je postavio P. S. Laplace u djelima *Exposition du système du monde* (Sustav svijeta) iz 1796. i *Mécanique Celeste* (Nebeska mehanika). Laplaceova su djela bila iznimno cijenjena i važna za tadašnju kozmološku misao. U povijesti znanosti nebularna teorija je ostala zapisana kao Kant-Laplaceova teorija. Međutim, postojala je razlika između Kanta i Laplacea. Kant je hipotezu formirao od predodžbe hladnog oblaka prašine u kojemu se prilikom gravitacijskog stezanja rotacija javlja sama od sebe. Laplace, koji je hipotezu izrazio matematički, pretpostavio je da već postoji usijana maglica koja rotira, hladi se, steže i ubrzava vrtnju. Iako su teorije Kanta i Laplacea napuštene početkom XX. st., iz njihova je okrilja nikla

¹⁷⁹ Usp. Kragh (2007a), 81–83.

¹⁸⁰ Jedan od najvećih astronoma svih vremena, od izrade teleskopa do brojnih opažanja, otkrića Urana, proučavanja strukture Mliječne staze do konstrukcije vlastite teorije, Herschel je bitno pridonio razvitku astronomije i kozmologije.

¹⁸¹ Usp. Kragh (2007a), 86–89, 96.

ideja o nastanku Sunca i planeta iz međuzvjezdane maglice¹⁸². U tom smislu možemo zaključiti da se filozofija osim kao kritički aparat pokazuje kao izvrstan idejni okidač. Štoviše, u oba je smisla filozofija konstitutivna sastavnica traganja za odgovorima na pitanje kozmosa, odnosno, kozmologija se može i mora shvatiti šire.

5.2.3. Olbersov paradoks

U više su navrata rasprave oko pitanja beskonačnosti, tj. vječnosti kozmosa završavale suočavanjem sa zagonetkom noćnog neba (J. Kepler, W. Stukeley, J. P. Loys de Cheseaux). Naime, ako kozmos postoji oduvijek, ako je beskonačan i ako je napučen zvijezdama čiji se broj povećava s udaljenošću, tada nebo koje gledamo ne bi trebalo biti tamno već bi trebalo blistati od sjaja brojnih zvijezda. Pa kako to da je nebo tamno? Jean-Philippe Loys de Cheseaux je 1744. ponudio rješenje prema kojem u prostoru među zvijezdama postoji medij (eter) koji apsorbira svjetlost. To je rješenje tijekom XIX. st. bilo uobičajen odgovor na to pitanje. Da se na to pitanje ne može odgovoriti na temelju opažanja, već da je to primarno filozofijsko pitanje, smatrao je Henrich W. Olbers. Olbers je, kao i Cheseaux, smatrao da međuzvjezdani prostor nije u potpunosti transparentan pa tako paradoks, koji je imenovan po njemu, uopće nije smatrao paradoksom¹⁸³.

Bilo je tijekom stoljeća nekoliko pokušaja napuštanja Cheseaux-Olbersove hipoteze međuzvjezdane apsorpcije. J. Herschel (1848.) je shvatio da kozmos može biti beskonačan, a nebo tamno, i bez spomenute hipoteze, ako se pretpostavi da su zvijezde raspoređene nejednoliko. Rješenja su tražili i J. Mädler i G. E. Gore, no kozmološki značajnije rješenje ponudio je Karl Friedrich Zöllner (1888.). Zöllnerovo rješenje je bilo zaista originalno – znajući za radove iz ne-euklidskih geometrija on je prostoru pripisao laganu konstantnu zakrivljenost. To je najvjerojatnije bila prva primjena ne-euklidske geometrije na kozmologiju¹⁸⁴. Godine 1901. i William Thomson je ponudio rješenje u obliku ideje relativno kratkog života zvijezda. Ali hipoteza međuzvjezdane apsorpcije je u XIX. st. bila iznimno prihvaćena pa spomenuta rješenja nisu došla do izražaja. Uostalom ni sam paradoks nije shvaćan previše ozbiljno, sve do dokaza da je prostor transparentniji nego što se pretpostavljalo. Tek je 1917. Harlow Shapley

¹⁸² Usp. Vujnović (2009), 244–245.

¹⁸³ Usp. Kragh (2007a), 84.

¹⁸⁴ Usp. Kragh (2007a), 85.

zaključio da kozmos nije beskonačan ako nebo ne blista¹⁸⁵. Prema tome, rješenje se Oblersova paradoksa nalazi u modelu kozmosa koji nije vječan i koji se širi¹⁸⁶.

5.2.4. Spektroskopija

Početak XIX. st. obilježila je još jedna velika promjena do koje je doveo ubrzan tehnološki razvitak (optičkih instrumenata). On je pokazao da se iz (jasnoće) svjetline nebeskih tijela mogu iščitati informacije o njihovu fizičkom i kemijskom sastavu. Tako je već dugo poznat i upotrebljavan pojam zvijezde uz geometrijsku dobio i svoju fizikalnu dimenziju¹⁸⁷. Ukratko, svjetlost zvijezda se prolaskom kroz prizmu razlaže na linije raznih boja s pomoću kojih se mogu odrediti njihov kemijski sastav i temperatura (glavni uzrok spektralne raznolikosti). Naime, sve je mjerenjima temperature pojedinih dijelova Sunčevog spektra započeo još W. Herschel koji je 1800. otkrio infracrveno zračenje. Samo godinu poslije Johann W. Ritter otkrio je ultraljubičasto zračenje. Ta su se otkrića s vremenom pokazala iznimno važna za astronomiju, a spektroskopija je postala nezamjenjivo sredstvo ispitivanja svemirskih prostora.

Kada je 1802. William H. Wollaston u Sunčevu spektru uočio sedam tamnih linija, smatrao ih je prirodnim granicama između linija različitih boja. Godine 1814. temeljitom istraživanju Sunčeva spektra posvetio se Joseph Fraunhofer koji je zapazio gotovo 600 takvih tamnih (apsorpcijskih) linija (po njemu su i dobile ime)¹⁸⁸. Ipak, tek su 1859.-60. Gustav R. Kirchhoff i Wilhelm Bunsen učvrstili temelje spektralne analize. »Njemački je znanstvenik demonstrirao da emisijski spektar kemijskih elemenata odgovara njihovu apsorpcijskom spektru i može biti korišten za identifikaciju elemenata od kojih su građeni«¹⁸⁹. Tako je postavljena osnova spektralne analize, Kirchhoffov zakon ili princip identičnosti koji kaže da »jedna tvar emitira ili apsorbira, zrači ili upija uvijek iste spektralne linije«¹⁹⁰. Bio je to početak utvrđivanja kemijskog sastava kozmosa, početak astrofizike, kako joj je 1865. W. Huggins dao ime. Ubrzo, već 1908. George F. Becker je predložio periodički sustav temeljen na kozmičkoj distribuciji elemenata i razlikovanjem elemenata nađenih na Zemlji i onih iz meteora i Sunca uputio na istinitost hipoteze o evoluciji elemenata. Nekako u isto vrijeme i John Nicolson ponavlja već

¹⁸⁵ Usp. Kragh (2007a), 86.

¹⁸⁶ Vidi detaljnije: Vujnović (2010), 234 -235.

¹⁸⁷ Usp. Kragh (2007a), 89.

¹⁸⁸ Vidi detaljnije Vujnović (2009), 55.

¹⁸⁹ Kragh (2007a), 91.

¹⁹⁰ Vujnović (2009), 56.

izrečenu metaforu i zvijezde naziva nebeskim laboratorijima dodajući, dalekosežnu, misao kako će se fundamentalna fizika u budućnosti oslanjati na astrofiziku¹⁹¹.

No, vrijeme razvoja astrofizike obilježilo je još jedno važno otkriće. Naime, 1842. Christian Doppler je objavio da se valna duljina svjetlosti mijenja ovisno o međusobnom gibanju promatrača i izvora svjetlosti, a iznimno brzo potvrđeno je da efekt vrijedi i za valove zvuka. Ali da se ta tvrdnja može primijeniti i na svjetlost ostalo je upitno sve do 1868. kada je to potvrdio W. Huggins. Hugginsu je bilo sasvim jasno koliko je ta potvrda kontroverzna. Zašto? Zbog toga što nije odgovarala općeprihvaćenom modelu statičnog kozmosa¹⁹².

5.2.5. Termodinamika i gravitacija

Sve točnija i brojnija opažanja, sve točniji i brojniji podatci, razvoj astronomije i klasične fizike bili su sve uočljiviji, ali filozofijska misao je i dalje bila temelj i okvir kozmoloških problematiziranja kojima se sada (kao i danas) moralo pristupiti iz znanstvenog i filozofijskog kuta. Jedna od najistaknutijih tema u to vrijeme bilo je staro pitanje vječnosti svijeta (u prostornom i vremenskom smislu). U središtu rasprava našla su se dva fundamentalna zakona znanosti koja se odnose na različite aspekte fenomena: Newtonov opći zakon gravitacije i drugi zakon termodinamike, za koje se vjerovalo kako vrijede za sve dijelove univerzuma, odnosno za kozmos u cjelini¹⁹³.

Teoretiziranja o vječnosti svijeta, u smislu da kozmos ima i vremenski početak i kraj, uglavnom su se temeljila na ekstrapolaciji drugoga zakona termodinamike. Taj je zakon 1850. izrazio Rudolf Clausius pomoću novoskovanoga pojma „entropije“ kao: »entropija kozmosa teži maksimumu«¹⁹⁴. Ideju „toplinske smrti“ kozmosa, koju je izložio upravo Clausius, razvijali su u to vrijeme i W. Thomson i H. Helmholtz. Tako je 1869. i Adolph Fick zaključio da svijet nije vječan »već je morao nastati u ne tako daleko vrijeme činom koji ne možemo razumjeti kao dio lanca prirodnih uzroka; odnosno, čin stvaranja se morao dogoditi«¹⁹⁵. Do istog zaključka došli su i J. C. Maxwell i P. G. Tait. Mišljenje da kozmos ne postoji oduvijek na temelju tek otkrivene radioaktivnosti 1911. podržao je i Arthur Haas. Jer, pitao se Haas, kako su radioaktivni elementi

¹⁹¹ Usp. Kragh (2007a), 95.

¹⁹² Usp. Kragh (2007a), 92.

¹⁹³ Usp. Kragh (2007a), 100–101.

¹⁹⁴ Kragh (2007a), 101.

¹⁹⁵ Kragh (2007a), 104.

(koji su propadljivi) još uvijek prisutni u kori Zemlje i kako još uvijek postoje ako je kozmos vječan? Tako su ujedno povezana istraživanja radioaktivnosti i kozmologije¹⁹⁶.

Međutim, već je 1872. Ernest Mach kritizirao spomenute ideje kao znanstveno besmislene. Iluzorno je, smatrao je, primjenjivati termodinamiku na kozmos. Termini „energija svijeta“ ili „entropija svijeta“ nemaju znanstvenoga smisla jer nisu mjerljivi. S takvom se metodološkom kritikom složio i Pierre Duhem. Među posljednjima koji su se u to vrijeme uključili u kozmološke rasprave vezane uz termodinamiku bio je Ludwig Boltzmann 1898. koji je, među ostalima, iznio ideju o mnoštvu svjetova. Astronomi su tu ideju ignorirali, no s vremenom će se ista pojaviti pod imenom „multiverzum“ i zauzeti važno mjesto u teorijskoj kozmologiji¹⁹⁷.

No, u pitanje je stavljen i Newtonov zakon gravitacije. Naime, Hugo von Seeliger je 1895. dokazao da beskonačan euklidski kozmos s grubo jednolikom raspodjelom mase nije spojiv s Newtonovim zakonom gravitacije te je predložio modifikaciju zakona na velikim udaljenostima. Do istih rezultata je 1901./1902. neovisno došao i W. Thomson, a problem je pokušao riješiti i Carl Charlier 1908. Problem nije bio riješen, no bilo je sasvim jasno da problem postoji¹⁹⁸.

5.2.6. Velika debata

Na prelasku iz XIX. u XX. st. podatci dobiveni opažanjem bili su sve brojniji i sve točniji, a i iznimno potrebni da se kozmologija u potpunosti postavi na iskustvene temelje. Jedno od pitanja na koje je trebalo odgovoriti bilo je pitanje strukture Mliječne staze, odnosno kozmosa. Rasprave na temu Mliječne staze završile su Velikom debatom 1920. između Harlowa Shapleya koji je zastupao teoriju Mliječne staze (gotovo cijeli materijalni svijet) i Hebera Curtisa koji je branio teoriju svemirskih otoka.

Curtisova ideja bila je da je naša galaksija¹⁹⁹ (promjera najvjerojatnije ne većeg od 30,000 svjetlosnih godina a debljine od 5,000 svjetlosnih godina) samo jedan od, po konstrukciji i

¹⁹⁶ Usp. Kragh (2007a), 104–105.

¹⁹⁷ Usp. Kragh (2007a), 105–107.

¹⁹⁸ Detaljnije vidi: Kragh (2007a), 108–110.

¹⁹⁹ Terminološka napomena: »oba naziva, *i galaksija i galaktika*, u hrvatskome su jeziku u istoj mjeri internacionalizmi veoma bliske etimologije. Njihovi se sadržaji u cijelosti značenjski podudaraju te su dakle pravi sinonimi. U svezi s preporukom koji je naziv bolji jezikoslovna struka zbog šire uporabe u leksikografskim priručnicima i s obzirom na tvorbu prednost daje nazivu *galaktika*. Sa stajališta fizičke struke i zbog podudarnosti

veličini sličnih, tzv. svemirskih otoka. S druge strane Shapley je smatrao da živimo u Mliječnoj stazi (promjer približno 300,000 svjetlosnih godina, a debljina 30,000 svjetlosnih godina ili više) koja predstavlja kozmos u cijelosti²⁰⁰. Dobri su se argumenti mogli izložiti u prilog jednoga i drugoga mišljenja, a opažanja tj. podatci koji bi donijeli prevagu nisu postojali te je tako debata završena bez konačnog zaključka. Desetljeće kasnije postat će jasno da pobjednika nije ni bilo. Kao što je Curtis tvrdio, uistinu živimo u svemirskom otoku, ali isto tako u Mliječnoj stazi po veličini puno bližoj onom što je tvrdio Shapley²⁰¹.

6. O transformaciji pitanja, „migraciji pojmova“ i znanstvenosti

Ovaj kratak uvid u razvitak kozmološke misli s naglaskom na iskustvene temelje kozmoloških teorija rasvjetljuje dinamičnu, ali realnu povezanost filozofije i kozmologije na više razina. Ponajprije, uronjenost i neodvojivost čovjeka od prirode potiče na pitanja pa ne čudi što je interes za kozmološka pitanja jedan od čovjekovih temeljnih interesa i na filozofijskoj i na znanstvenoj razini. Taj se interes pojavio prije razvoja pisane riječi, prije prvih filozofa i davno prije utemeljenja empirijske znanosti. No, kozmos je toliko bogat, dinamičan i zagonetan da se odgovori na pojedina kozmološka pitanja oblikuju desetljećima, neki i stoljećima, i iz filozofijske i iz znanstvene perspektive, ali brojna su pitanja još uvijek otvorena. Stoga, odgovori na pitanja o kozmosu zrcale filozofijski i znanstveni kontekst svoga vremena i istovremeno ocrtavaju tijek tzv. transformacije pitanja o kozmosu iz filozofijskih u znanstvena pitanja, transformaciju filozofije prirode u egzaktnu znanost. A uvid u tijek te transformacije ujedno je uvid u narav odnosa filozofije i kozmologije. Naime, iz razvitka kozmološke misli može se uočiti da s naporom oblikovani odgovori na pojedina kozmološka pitanja redovito otvaraju nove, još zagonetnije, perspektive istraživanja koje s vremenom postaju pitanja posebnih znanstvenih disciplina, a ponuđena rješenja ponovno postaju teme filozofijskoga propitivanja – nije li pitanje temeljne sastavnice stvarnosti primjer jednoga takvog odgovora koji u obliku govora o naravi stvari već stoljećima prelazi iz filozofijskoga u znanstveni, pa iz znanstvenoga u filozofijski kontekst. Čini se da će se taj obrazac uvijek ponavljati, koliko god razvitak tehnike pomicao granice opažanja – možda stoga što je narav pitanja takva da traži

s grčkim oblikom *galaxías* i tumačenja da je naziv *galaksija* nastao prema grčkome nazivu za Mliječni put, u Struni se u opisu fizičkoga nazivlja preporučuje naziv *galaksija*, dok se naziv *galaktika* navodi kao dopušteni naziv«. Hrupec & Blagus Bartolec (2016), 74.

²⁰⁰ Za detalje debate i rezime trinaest točaka oko kojih su se sukobili Curtis i Shapley vidi: Pavlovski & Vidic, Velika debata.

²⁰¹ Usp. Kragh (2007a), 119.

odgovore s više razina kako bi se barem približilo cjelovitom odgovoru. Tako nas uvid u razvitak kozmološke misli vodi do nekoliko značajnih zaključaka o naravi predmeta kozmologije i o naravi odnosa filozofije i znanosti – i jedno i drugo je važno i za filozofiju i za znanost. Naime, različiti i brojni odgovori na pitanja o kozmosu pokazuju kako je pitanje kozmosa iznimno slojevito te kako je odnos znanosti i filozofije dinamičan, bogat, isprepleten pa i neodvojiv, i to na metafizičkoj, logičkoj, epistemološkoj razini – to se posebice otkriva u trenutku kada se filozofija ili znanost pokušaju međusobno isključiti, što se uvelike isticalo u vrijeme prodora pozitivizma. Štoviše, razvitak kozmološke misli otkriva da su filozofija i kozmologija neodvojive jer je takva narav predmeta kozmologije. No, možda je najznačajnije to da transformacije pojedinih pitanja o kozmosu iz jednog u drugi kontekst otkrivaju filozofiju i znanost kao međusobne idejne pokretače novih istraživanja i oblikovanja novih filozofijskih i znanstvenih rješenja za pitanja kozmosa. Cilj je ovoga poglavlja istaknuti temeljna obilježja naravi odnosa filozofije i znanosti, poglavito filozofije i kozmologije. Naime, smatramo da je to jedna od glavnih niti u razumijevanju suvremene kozmologije.

Povijesna perspektiva na više razina otkriva specifičnosti i životvornost odnosa filozofije i znanosti. Danas je otkrivanje i objašnjavanje temeljnih sastavnica cjelokupne zbilje zadaća brojnih znanstvenih disciplina, ali stoljećima se ta ista zadaća pridijevala filozofiji. Štoviše, filozofija i znanost se u počecima nisu razlikovale (prvi filozofi smatrani su filozofima prirode, tj. fizičarima). Uostalom u tradicionalnom govoru sve znanosti nalazimo na Aristotelovoj liniji i možemo ih odrediti u smislu skolastičkog pojma *scientia ex causis* kao *znanje iz uzroka*²⁰². Iz razvitka kozmoloških promišljanja iščitavamo kako su astronomija, fizika, matematika i filozofija u određenim povijesnim trenutcima bile gotovo neodvojive. Od Platona, a možda i ranije, pokušavalo se točno odrediti zadatak astronoma, fizičara i filozofa. No koliko su s vremenom ta određenja i ujedno međusobna razgraničenja bila preciznija, toliko je bivalo jasnije kako je riječ samo o različitim vidovima, na kraju ipak samo jednog predmeta, pa se tako svako kategoričko odvajanje može dovesti u pitanje. Povijesno gledano, upravo su kozmološke teorije uvijek predstavljale spoj filozofijskog, matematičkog, empirijskog i teorijskog te nije bilo ništa neobično i nevjerojatno u međusobnom ispreplitanju ideja različitih znanstvenih područja²⁰³. Ipak, s razvitkom i uvođenjem teleskopa u astronomiju, i eksperimentalnih metoda na područje fizike, nekoć filozofijski interesi postaju interesi

²⁰² Usp. Bajsić (1998), 166–167.

²⁰³ Npr. Pecker kaže da su Kopernikove ideje utjecale na promjenu u mišljenjima filozofa i teologa, vidi: Pecker (2001), 355.

samostalnih znanstvenih disciplina. To je ujedno povijesni trenutak od kojeg možemo izričitije govoriti o transformaciji pitanja iz filozofijskih u znanstvena. Ta je pak transformacija redovito popraćena „migracijom pojmova“. Naime, razmotrimo li, kako ističe Heller,

takve koncepte poput prostora, vremena, kauzalnosti, determinizma. Oni počinju svoj 'službeni život' (nakon što su naslijeđeni iz svakodnevnog jezika) u religijskom i filozofijskom kontekstu. Iz teoloških i filozofijskih područja oni migriraju u znanstvene teorije, i katkada, nakon što su obilježeni znanstvenim transmutacijama, vraćaju se natrag u filozofske i teološke spekulacije. Tijekom takve metamorfoze oni mijenjaju svoje značenje prilagođavajući se svome okolišu. Povijest ideja je puna primjera tih procesa, Ali bilo bi naivno misliti da oni pripadaju samo prošlosti²⁰⁴.

Dakle, „migracija pojmova“ poučava nas da ni znanost, ni filozofija, ni ikoja druga disciplina nisu, unatoč tehnološkom napretku, postale i ne mogu postati neki izolirani pothvati.

Nadalje, povijesno gledano, izdvajanje jednoga posebnog pravca unutar filozofije započeto je u ranoj novovjekovnoj filozofiji, a temeljno obilježje tog izdvajanja bila je empirijska metoda (uključujući matematizaciju). Iako je „empirijska metoda“ širok i vrlo diskutabilan pojam, barem pojednostavljeno možemo reći da se s vremenom naglasak sve intenzivnije stavljao na sustavno prikupljanje podataka, na iskustveno i sustavno potvrđivanje ili opovrgavanje teorije, odnosno matematičkih modela. Iako nam uvid u razvitak promišljanja o kozmosu otkriva da je iskustvena potvrda imala važno mjesto i ulogu već od prvih promišljanja o kozmosu, ipak možemo reći da naglašavanjem potrebe za boljim iskustvenim utemeljenjem teorija započinje izričitije izdvajanje prirodne znanosti iz filozofije (vrijeme G. Galileija i I. Newtona), a s time i sve intenzivniji razvoj empirijske (matematičko-eksperimentalne ili prirodoslovne) metode koja je postala temeljno obilježje „nove znanosti“²⁰⁵. Na koncu, u XIX. st. je i došlo do izdvajanja posebnih znanosti iz filozofije, a u XX. st. pojavio se pozitivizam koji je zagovarao tzv. znanstveno objašnjenje i shvaćanje svijeta²⁰⁶.

No, sigurno je kako do pokušaja tzv. čisto empirijskog pristupa prirodi nije došlo isključivo na temelju izrade teleskopa ili laboratorijskih instrumenta²⁰⁷, već zbog dubljih promjena koje redovito prate razvitak kako filozofijskih tako i znanstvenih teorija, a prepoznamo ih u

²⁰⁴ Heller (2013b), 254–255.

²⁰⁵ Usp. Bajsić (1998), 167.

²⁰⁶ Detaljnije vidi: Hahn, Neurath & Carnap, 2005.

²⁰⁷ Naravno, ne treba zanemariti razvitak tehnike koja je nesumnjivo pomicala i pomiče „horizonte fizike“ te je odigrala iznimno važnu ulogu na svim područjima čovjekova znanstvenog djelovanja, a kozmologiji pomogla postati empirijskom disciplinom i jednom od najzbudljivijih znanosti današnjice. Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 9; Kragh (2007a), 249–250. O odnosu tehnike i znanosti, vidi: Heisenberg (1997), 152.

spomenutoj „migraciji pojmova“ koja je ujedno i proces „evolucije pojmova“²⁰⁸. Dakle, do pokušaja ostvarenja isključivo empirijskog pristupa prirodi u novovjekovnoj znanosti zasigurno je došlo zbog pitanja o mogućnosti spoznaje uopće – ta su se pitanja pojavila već s Platonom i Aristotelom, a kulminirala s Descartesom. Kako i koliko dobro možemo spoznati zbilju? Koliko precizno možemo govoriti o stvarnosti? Možemo li jezikom, matematikom ili modelima prezentirati stvarnost koju istražujemo? Koje stajalište u pogledu stvarnosti prihvatiti – realističko ili antirealističko? To su sržna pitanja suvremenih metafizičkih, epistemoloških i rasprava iz filozofije znanosti. No, uvid u razvitak kozmološke misli otkriva da su takva pitanja bila interes filozofa i kozmologa kroz cijelu povijest. Naime, upravo se ta, metafizička i epistemološka, problematika nazire iza govora o naravi kozmoloških modela, a o naravi modela govorio velik broj istaknutih filozofa i fizičara, npr. Platon, Aristotel, Ptolemej, arapski filozofi, Kepler, Brahe, Newton i brojni drugi. Danas je to jedno od temeljnih pitanja filozofije znanosti i filozofije kozmologije. Ipak, čini se da su sva ta pitanja i promišljanja dio jedne dublje promjene. Kako to Heisenberg uočava:

velika vrijednost koja se temeljila na iskustvu ipak je vodila polaganoj i postupnoj promjeni cjelokupnog shvaćanja zbiljnosti. Dok je u srednjem vijeku ono što u današnje doba nazivamo simboličkim značenjem stvari bilo na izvjestan način njezina prvotna zbiljnost, zbiljnost se promijenila u ono što s našim osjetilima možemo zamijetiti. Što možemo vidjeti i dotaknuti postalo je prvotno zbiljsko. A taj novi pojam zbilje mogao se povezati s novom aktivnošću: možemo eksperimentirati i iznaći kakve su stvari zbiljske²⁰⁹.

Možemo, dakle, reći da je uz sve istaknuto s vremenom došlo i do promjene razumijevanja prirode. Pojam zbilje se zbilo u okvire stvarnosti, odnosno razumijevanje prirode promijenilo se od antičkoga shvaćanja prirode (*physis*) kao organskog i anorganskog jedinstva u razumijevanje prirode isključivo u anorganskom smislu, tj. kao nešto mrtvo što se pokorava objektivnim zakonima znanosti²¹⁰. No, promijenio se i čovjekov stav prema prirodi, iz kontemplativnog u pragmatički, iz čega se u konačnici u XIX. st. razvio, kako ga Heisenberg naziva, „krut okvir prirodne znanosti“ nošen temeljnim pojmovima klasične fizike (prostor, vrijeme, tvar, sila i kauzalnost). Tvar je postala prvotna zbiljnost, a prirodna znanost (iskustvo, znanstvena metoda i racionalno mišljenje, ali s naglaskom na zatvorenost u iskustveno) ona koja ima zadatak i mogućnosti osvojiti i pokoriti taj tvari svijet pa i ponuditi odgovore na

²⁰⁸ Usp. Heller (2013b), 254.

²⁰⁹ Heisenberg (1997), 157.

²¹⁰ Usp. Kutleša (1997), 174.

temeljna čovjekova pitanja. S jedne strane poraslo je pouzdanje u znanstvenu metodu, a s druge kritičnost spram pojmova običnog jezika, a najradikalnije ju je izrazio Bečki krug.

U isto se vrijeme kao samostalna disciplina pojavila i filozofija znanosti koja u svom središtu ima analizu znanstvenoga jezika i razvoj kriterija smislenoga iskaza. Sam pokušaj tzv. logičkog pozitivizma da formira jedinstvenu znanost po uzoru na klasičnu fiziku, i isključi metafiziku iz svih područja znanosti, kroz dvadesetak godina se pokazao neostvariv. S vremenom se pod utjecajem društvenih i humanističkih znanosti filozofija znanosti udaljila od pozitivizma. Razvile su se dvije linije kritike koje ujedno predstavljaju dva najbolje prihvaćena pogleda na znanost. Prvi je formirao K. R. Popper, a drugi T. S. Kuhn²¹¹ – obojicu kozmolozi smatraju važnima za razvitak kozmološke misli. Rasprave o znanosti, empirijskoj metodi i kriterijima znanstvenosti otvorene su teme. Ipak, možemo reći da se suvremena znanost, unatoč postojećim izazovima antirealizma, još uvijek nalazi na liniji znanstvenog realizma²¹². Dapače, smatramo da empirijska znanost mora ostati na toj (Popperovoj²¹³) liniji koja traži da teorije (modeli) budu podvrgnuti empirijskom testu (verifikaciji ili falsifikaciji), tj. podložni provjerljivosti (*testability*), kako bi se približili istini o temeljnoj strukturi stvarnosti (zbilji). Naime, u takvom kontekstu, tj. kontekstu objektivne stvarnosti koju mogu opisati naše teorije, postoji podloga za racionalnu raspravu, a samim time empirijsku potvrdu u suvremenoj (empirijskoj) znanosti prepoznajemo kao općeprihvaćen i temeljni kriterij znanstvenosti koji je upravo zbog toga predmet tematiziranja, kritika i propitivanja²¹⁴. No, složenost i zagonetnost stvarnosti koju znanošću istražujemo suočava i znanstveni realizam s novim izazovima. Naime, u suvremenoj fizici nije moguće ontološki interpretirati važne karakteristike visoko teorijski postuliranih objekata i stanja (kvarkovi, virtualni fotoni i sl.), za njih uopće ne posjedujemo prikladne pojmove pa se čini da nam preostaje barem matematički izraziti određene događaje i stanja. Dakle, ni klasična realistička interpretacija nije moguća u svim slučajevima, ali čini li taj izazov antirealističku interpretaciju primjerenim rješenjem? Čini se da ne, već da tako tek postaje jasno kako je razlika između objekata koje možemo ontološki reprezentirati dublja od razlike između

²¹¹ Potonjega će slijediti W. V. O. Quine, D. T. Campbell i S. E. Toulmin, a u novije vrijeme je uvelike prihvaćen pristup W. Heisenberga, no uz navedene, razvijeno je još modela. Izdvojena temeljna obilježja sustava spomenutih autora vidi u: Lelas (2000), 91–307. Vidi i popis literature, djela autora: Carnap, Popper, Kuhn, Heisenberg. O filozofiji znanosti danas vidi npr: Usp. Agassi (2004), 235–265.

²¹² Detaljnije o formiranju znanstvenog realizma vidi: Scheibe, 2000.

²¹³ S obzirom na to da ovdje ne možemo ulaziti u tematiziranje svih aspekata (prednosti, implikacija ili kritika) Popperova znanstvenoga realizma za detaljniji uvid i istraživanja Popperove filozofije znanosti vidi: Popper, 2002a; Popper, 2002b; Lelas, 2000; Ule, 2003; O'Hear, 2007.

²¹⁴ Vidi: Ule, 2003; Agazzi & Pauri, 2000.

opažajnog i teorijskog²¹⁵. Rješenje u tom smislu filozofija znanosti tek treba ponuditi, ali dok ih ne ponudi znanstveni realizam ipak se čini kao najbolji izbor. Dok se, dakle, ne ponudi neko redefiniranje znanosti (ukoliko je to uopće ostvarivo) govorimo o znanosti u okvirima znanstvenoga realizma. U tom i takvom kontekstu i sami kozmolozi ističu da se suvremena kozmologija nalazi na Popperovoj liniji pa i tako empirijska potvrda (u funkciji verifikacije ili falsifikacije) postaje temeljni kriterij znanstvenosti suvremene kozmologije, ali i predmet njezina propitivanja i kritika²¹⁶. Stoga, smatramo da je empirijsko utemeljenje teorija uistinu temeljni kriterij znanstvenosti teorija. No, to istovremeno ne znači da se isključivo empirijskim putem može ponuditi cjelovit odgovor na pitanja kozmosa. Naime, iznimno složeno pitanje kozmosa i narav samoga predmeta zahtijevaju odgovor na više razina – znanstvenoj i filozofijskoj.

Napredak tehnike, eksperimentalno istraživanje i njegovo matematičko tumačenje iznudili su kritičku analizu temeljnih pojmova klasične fizike i doveli do napuštanja pojmovnog okvira XIX. st. Važnu ulogu u tom procesu odigralo je formuliranje teorije relativnosti²¹⁷ (prostor, vrijeme) i rasprava o pojmu tvari, tj. otkrivanje njezine atomske strukture²¹⁸. Sama je suvremena znanost, tj. moderna fizika, povećala kritičnost prema pojmovima običnog jezika, ali u isto vrijeme se okrenula i protiv precjenjivanja samih znanstvenih pojmova – općenitije protiv previše optimističkog gledanja na napredak i konačno protiv same skepse što znači da je čovjekova sposobnost za razumijevanjem neograničena, ali i da postojeći znanstveni pojmovi pristaju samo jednom ograničenom dijelu zbiljnosti²¹⁹. Suvremena je znanost tako sama istaknula potrebu za filozofijskom dimenzijom, i u logičkom i u epistemološkom, ali i u metafizičkom smislu i to kako bi na svoje probleme pokušala ponuditi cjelovite odgovore. Približiti se cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa svakako je cilj suvremene kozmologije te se u tom smislu čini da bi suvremenu kozmologiju trebalo shvatiti šire od isključivo empirijske discipline.

No, kakav bi to odnos filozofije i znanosti trebao biti a da obje zadrže svoju prijeko potrebnu autonomiju? U tom se smislu, kada je u pitanju odnos filozofije i znanosti²²⁰, komplementarnost

²¹⁵ Usp. Ule (2003), 20.

²¹⁶ Vidi: Kragh, 2014; Peebles, 2012.

²¹⁷ Dalje: TR.

²¹⁸ Usp. Heisenberg (1997), 159–160.

²¹⁹ Usp. Heisenberg (1997), 161–162.

²²⁰ Isto bi se moglo reći i za odnos nekih drugih područja, npr. znanosti i umjetnosti, filozofije i umjetnosti i sl.

sasvim prirodno nameće kao put prema cjelovitijoj spoznaji zbilje. Naime, sasvim je očito da je zbilja puno složenija od toga da bi se odgovori na pitanja o njoj mogli ponuditi iz isključivo jedne perspektive, a čini se da je i o stvarnosti isključivo iz jedne perspektive. Štoviše, kako je to D. Bohm primijetio »nove teorije ukazuju na posvemašnju promašenost prethodnih teorija ukoliko smo ih upotrijebili izvan malog područja njihove relativne validnosti vrijednosti«²²¹. Očito s jedne strane treba uvažiti područje validnosti (valjanosti), spoznati granice vlastite discipline, a s druge ne isključiti druga područja valjanosti. Suvremena kozmologija je jedno od područja na kojem se susreću teorije različitih područja valjanosti pa se komplementarni pristup nameće sam po sebi te se *ipso facto* uočava potreba za filozofijskom dimenzijom. Međutim, i da nema netom spomenutoga susreta različitih područja valjanosti (što teorija, što znanstvenih disciplina), opet bi se moralo reći da »osnovna pitanja i postavke na koncu ostaju u domeni filozofije«²²². Smatramo da je potrebno istaknuti i imati na umu sljedeće: ako bi domene znanosti i filozofije postale isključive, dokinule bi spoznaju; ako bi se nekritički miješale, na koncu bi se dokinula mogućnost empirijskog provjeravanja hipoteza i racionalne kritike teorija te tako ugrozio razvoj znanosti²²³. Odnosno, »ograničiti razumijevanje stvarnosti na samo jedan sržni sadržaj znanosti ili na sržni sadržaj humanističkih znanosti znači biti slijep za složenost stvarnosti, koju možemo zahvatiti s brojnih gledišta«²²⁴. Tako, još jednom, dolazimo do zaključka da sama narav predmeta zahtijeva odgovor s više razina, a komplementaran se pristup nameće kao prikladno rješenje za očuvanje autonomije pristupa i istovremeno približavanje cjelovitom razumijevanju zbilje.

Štoviše, čini se da bi trebali biti oprezni s pojmom „suvremene znanosti“ i svakako suvremenu znanost ne bi trebalo postavljati kako konačan kriterij ispravnoga uvida u stanje stvari (što god on bio). Ili kako je to Feyerabend rekao, »puka činjenica da ona [znanost] postoji, da je obožavana, da daje rezultate, nije dovoljna da je učini mjerilom vrsnoće«²²⁵ jer sve će „suvremeno“ ubrzo postati prošlim, a možda i zastarjelim – uistinu, dakle, i suvremena znanost ima nedostataka. U tom smislu je i Poincaré rekao: »Svako se stoljeće izrugivalo prethodnom, optužujući ga da je prebrzo i previše naivno generaliziralo. Descartes je sažalijevao Jonjane. Descartes sa svoje strane kod nas izaziva smijeh, a naši će se sinovi jednoga dana nesumnjivo

²²¹ Ule (2003), 19.

²²² Vujnović (2009), 44.

²²³ Usp. Ule (2003), 10.

²²⁴ Rovelli, 2014a.

²²⁵ Feyerabend (1996), 99.

smijati nama«²²⁶. Ako je tome tako, a jest, ako zbog ovoga ili onoga kriterija znanost više nije ono što je nekoć bila, a ni sutra neće biti ono što je danas, možemo s W. P. D. Wightmanom ustvrditi:

Poricati pravo na naziv „ljudi od znanosti“ onim genijalnim umovima koji su izumili tehniku množenja i dijeljenja; koji su u mjerenju stranica Keopsove piramide učinili grešku od samo jednog inča na duljinu od 755 3/4 stopa; koji su otkrili kako odrediti smjenu godišnjih doba uzimajući za mjernu jedinicu vrijeme između dvije konjukcije Sunca i zvijezde Sirius – to bi značilo suziti značenje tog pojma više nego što bismo mi u ovo industrijsko doba trebali biti spremni učiniti²²⁷.

U kontekstu teme koju istražujemo možemo reći da ne postoji razlog na temelju kojeg bismo tvrdili da »Aristotelova kozmologija ili ona kasnijih istraživača kao što su Kopernik, Newton, Wiliam Herschel i Hugo von Seeliger, nije bila „znanstvena“. Doista, njihove kozmologije nisu bile jako znanstvene po našim standardima, ali kako će kozmolozi za petstotinjak godina gledati na trenutnu relativističku Big Bang teoriju svemira?«²²⁸. Kako D. Bohm ističe:

iduće teorijske revolucije u fizici će dovesti do mnogo dubljih i većih konceptualnih revolucija od dosadašnjih. Sa stanovišta jedne takve teorije, primjerice teorije koja će ujediniti teoriju relativnosti i kvantnu teoriju, sadašnja će teorija relativnosti kao i kvantna teorija izgledati *dublje pogrešnima* od prethodnih fizikalnih teorija u odnosu na te dvije²²⁹.

Dakle, znanstvenost je pojam koji se nije jednako shvaćao u svim vremenskim razdobljima (relativan pojam) te stoga pojam za koji možemo reći da ga ne može prisvojiti ni jedno vrijeme ni disciplina. No, nije relativan pojam samo pojam znanstvenosti već i brojni drugi pojmovi na koje referiramo pri određenju znanosti (npr. empirijska potvrda, znanstvena metoda itd.) ili pojmovi kojima se sama znanost služi (npr. prostor, vrijeme, tvar, sila itd.). Tako zbog činjenice da pojmovi s vremenom mogu mijenjati svoja značenja znanost svakog vremena nužno mora posegnuti za filozofijom. Štoviše, da bi ostala znanstvena, znanost mora biti raspoloživa propitivanju vlastite znanstvenosti, a takvo propitivanje nije zadaća empirijske discipline već filozofije. Stoga, sasvim opravdano, možemo zaključiti da znanost, osim kako bi se približila cjelovitom razumijevanju zbilje, nužno treba filozofiju da bi zadržala vlastitu znanstvenost.

²²⁶ Poincaré (1989), 109.

²²⁷ Citat preuzet od: Guthrie (2012a), 26.

²²⁸ Kragh (2007a), 5. Citat se odnosi na pojedine tvrdnje S. Hawkinga kako je kozmologija znanost tek od nedavno, što Kragh smatra neprimjerenim razumijevanjem povijesti kozmologije. U tom smislu vidi i razmišljanje o „filozofima prirode“ kao ljudima znanosti. Vidi: Guthrie (2012a), 26.

²²⁹ Ule (2003), 19.

No, ostavimo li po strani sve što smo istaknuli, već bez odnosa teorijsko – empirijsko znanosti uopće ne bi bilo. A narav toga odnosa jedno je od temeljnih pitanja filozofije znanosti. Točnije, to se pitanje razlaže na više razina, od pitanja odnosa uma i osjetila, preko pitanja o razlici između nužnih i kontingentnih istina, do pitanja o logici znanstvenog objašnjenja odnosno o kriterijima statusa znanstvene teorije²³⁰. Odgovori na ta pitanja tiču se svih znanosti i znanja općenito. Stoga, i iz povijesne i iz perspektive suvremene znanost možemo reći da je filozofija uvijek bila i jest korisna i kao ona koja pomaže razjasniti temeljne pojmove, i kao ona koja u pitanje dovodi metode, teorijske postavke pa i same kriterije znanstvenosti. Ipak, možda se najvećim doprinosom filozofije znanosti, a osobito kozmologiji i može smatrati ona prvo navedena činjenica – filozofijske ideje su se kroz povijest često pokazivale kao pokretačka snaga za stvaranje novih znanstvenih teorija i dostignuća čime se, kako je zamijetio Popper, potvrđuje nužnost metafizike odnosno filozofije kao hermeneutičkog pomagala, odnosno izvorišta brojnih važnih znanstvenih teorija²³¹. Ta činjenica vrijedi i u kontekstu suvremene znanosti jer „realno“ gledano »filozofijski problem je filozofijski problem bavio se njime filozof ili fizičar«²³². Ili kako je zapazio i istaknuo Rovelli:

Znanstvenici koji kažu „Nije me briga za filozofiju“ – nije istina da ih nije briga za filozofiju, zbog toga što oni imaju filozofiju. Oni koriste filozofiju znanosti. Oni upotrebljavaju neku metodologiju. Oni imaju punu glavu ideja o filozofiji koju koriste; samo što ih nisu svjesni i uzimaju ih zdravo za gotovo, kao nešto očito i jasno, dok je zapravo daleko od očitog i jasnog²³³.

Zadaća je filozofije ispitati koliko je to očito i jasno i to iz konteksta logike, metafizike i epistemologije. Možemo, dakle, zaključiti da je filozofija prijeko potrebna znanosti. Uvid u razvitak kozmološke misli otkriva da se taj zaključak osobito odnosi na kozmologiju.

Naime, kozmologija se, kako u prošlosti tako i danas, na više razina oslanja na tzv. „filozofijske odabire“²³⁴. Nije neobično stoga da se i filozofijskim problemima suvremene kozmologije danas uglavnom bave kozmolozi, baš kao što su se pitanjima filozofije znanosti osim filozofa često bavili i znanstvenici (možda ponajviše fizičari). No, čine li filozofijski odabiri suvremenu kozmologiju ne-znanstvenom? U svakom slučaju, čini se da nužnost filozofijskih odabira, s jedne strane, onemogućava ostvarenje suvremene kozmologije kao čisto empirijske discipline,

²³⁰ Usp. Whewell (1996), 57–64; Hempel & Oppenheim (1996), 69–70; Popper (2002a), 43–48.

²³¹ Usp. Ule (2003), 10.

²³² McMullin (1998), 41.

²³³ Rovelli, 2014a.

²³⁴ Spomenuti termin preuzet je od Ellisa. Vidi: Ellis (2006b), 1184. koji navodi kako same temelje empirijske znanosti, *ipso facto* suvremene kozmologije, oblikuju upravo „filozofijski odabiri“.

ali iz toga ne proizlazi da, s druge strane, filozofijski odabiri suvremenu kozmologiju čine neznanstvenom²³⁵. Dapače, čini nam se kako je bolje prihvatiti i poznavati ograničenja vlastita znanstvenog područja pa uz pomoć filozofije „izbrusiti“ vlastitu znanstvenost i istovremeno formirati filozofiju kozmologije adekvatne dubine²³⁶.

Uz to, uvidom u razvitak kozmološke misli postalo je očito da su se filozofi i znanstvenici uvijek trudili opažanjima potvrditi teorije, empirijski ih utemeljiti – to je sastavni dio dugog puta do ubrajanja kozmologije među empirijske discipline. Naime, do početka XX. st. iz okvira kozmologije izašle su brojne teorije i modeli kozmosa. Promatralo se planetarna gibanja, Newton je formirao tri poznata zakona gibanja, a znalo se i za gravitaciju. No, u smislu suvremenoga shvaćanja znanosti još uvijek nije bio zadovoljen temeljni kriterij znanstvenosti. Kozmologija nije imala empirijskoga utemeljenja (tzv. empirijskih stupova). Što to znači? Da nisu postojala opažanja tj. podatci? Jesu, postojali su, no još uvijek su bili ili neprecizni ili nedovoljni. Primjer nam je bila tzv. Velika debata s početka XX. st. koja nije mogla biti razriješena baš zbog nedostatka empirijskih dokaza koji bi neupitno govorili u prilog jedne od teorija²³⁷.

No u posljednjih stotinjak godina, a posebice od polovice prošloga stoljeća, to se stanje znatno promijenilo. Kozmologija je zahvaljujući Einsteinu stala na nove teorijske temelje, a zahvaljujući tehnološkom napretku, većim teleskopima i boljim elektroničkim slikama, od discipline koja se mora nositi s nedostatkom empirijskih podataka postala je empirijska disciplina u tzv. zlatnom dobu²³⁸. Od isključivo filozofijske discipline postala je dio suvremene znanosti – empirijska disciplina astrofizike. Sada suvremena kozmologija odgovore na pitanja o kozmosu pokušava formulirati u okvirima znanstvene metode i kao temeljno pitanje postavlja: kako je univerzum nastao i evoluirao u sadašnje stanje te kako će se nastaviti razvijati u budućnosti? No, sve to ne znači da suvremenu kozmologiju treba razumjeti isključivo kao empirijsku disciplinu, a još manje da se suvremena kozmologija kao isključivo empirijska disciplina može približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa. Iz svega što smo istaknuli proizlazi upravo suprotan zaključak.

²³⁵ Generalni skepticizam prema znanstvenosti suvremene kozmologije odbacuju npr. Smeenk (2013), 1, 35; Kragh (2007b), 11.

²³⁶ Usp. Ellis (2014), 7.

²³⁷ Usp. Kragh (2007a), 118–119.

²³⁸ Usp. Ellis (2006a), 22–23.

Ipak, neki su suvremeni kozmolozi (npr. S. Hawking, S. Weinberg, M. Rees itd.) mišljenja da su se pitanja kozmosa iz filozofijskoga konteksta prebacila na područje znanosti do te mjere da suvremena kozmologija može, kao isključivo empirijska disciplina, ponuditi odgovore na temeljna kozmološka pitanja. S. Hawking je otišao čak i korak dalje pa je ustvrdio da je filozofija mrtva²³⁹. Stoga treba pobliže razmotriti temeljna obilježja suvremene kozmologije i njezina utemeljenja te vidjeti postoji li zaista mogućnost ostvarenja suvremene kozmologije kao isključivo empirijske discipline ili je takvo određenje moguće samo ako se udaljimo od općeprihvaćenih kriterija znanstvenosti u kontekstu znanstvenog realizma u Popperovu smislu, koji je, unatoč kritikama i specifičnostima suvremene znanosti, još uvijek temeljni okvir znanosti, a po izjavama samih kozmologa, sigurno okvir suvremene kozmologije²⁴⁰. Jesu li dakle empirijski podatci koje imamo na raspolaganju jasni i precizni, ima li ih dovoljno? Koliko su empirijski stupovi suvremene kozmologije čvrsti? Povijesni razvitak kozmološke misli otkrio je da se kozmologiju shvaćalo puno šire, pa se postavlja pitanje može li se kozmologija uopće shvaćati ikako drugačije. To su samo neka od pitanja koja se otvaraju kad suvremenu kozmologiju pokušamo odrediti kao isključivo empirijsku disciplinu. Ova tema zaslužuje posebnu pozornost pa detaljnoj analizi istaknutoga problema pristupamo u nastavku ovoga rada.

²³⁹ Vidi: Hawking & Mlodinow, 2010.; Hawking, 2011.

²⁴⁰ Usp. Kragh, 2014a.

II. SUVREMENA KOZMOLOGIJA

Suvremenu kozmologiju uglavnom se poistovjećuje s njezinim najpoznatijim modelom, SKM-om. O SKM-u se može govoriti puno, no unatoč, na prvi pogled, jasnom određenju temelja suvremene kozmologije, brojne su hipoteze još uvijek otvorene, a empirijske potvrde nedovoljno cjelovite²⁴¹. Suvremena je kozmologija tako na brojnim razinama suočena s dubljim, fundamentalnim problemima, a zatim, unatoč brojnim podacima s kojima raspolaže, s nemogućnošću cjelovitog empirijskog utemeljenja²⁴². To na koncu i iz kuta suvremene kozmologije otkriva potrebu za filozofijom, odnosno, Popperovim riječima, implicira iznimnu filozofičnost suvremene kozmologije. O filozofičnosti suvremene kozmologije možemo govoriti barem na dvije razine, tj. kroz dvije skupine pitanja. Prvu skupinu čine pitanja metodološko-epistemološke naravi. Odgovori na ta pitanja upućuju na ograničenja s kojima se suočava suvremena kozmologija pri istraživanju vlastita predmeta, na dvije vrste tzv. tehničkih granica – onih koje će nekada možda biti nadiđene i one koje nikada neće biti nadiđene. U drugu skupinu ubrajaju se fundamentalna pitanja, a to su pojmovna pitanja i niz novih fundamentalnih pitanja koja otvara suvremena kozmologija. Naime, pojmovi kojima se u znanstvenom diskursu svakodnevno služimo kao što su pojmovi prostora, vremena, tvari, energije, sile itd. iziskuju odgovor i s metafizičke i s epistemološke i sa znanstvene razine. Stoga se upravo razumijevanje tih i takvih pojmova, osobito u suvremenoj kozmologiji, pokazuje kao točka opredjeljenja između teorija, ali i mjesto susreta filozofijske i znanstvene misli. Cilj ovoga poglavlja je s istaknutih razina progovoriti o filozofičnosti suvremene kozmologije, odnosno istražiti zašto bi se suvremenu kozmologiju trebalo shvatiti šire. No, u tom je smislu potrebno promisliti i dvije teme koje se otvaraju upravo iz konteksta promišljanja o suvremenoj kozmologiji, a to su pitanje funkcioniranja znanosti i pitanje tzv. statusa teorijske fizike i njezinog odnosa s filozofijom.

²⁴¹ Vidi: Smeenk, 2013.

²⁴² »Kozmologija je znanost koja na raspolaganju ima samo nekoliko opažanju dostupnih činjenica s kojima može raditi. Otkriće kozmičkoga mikrovalnog pozadinskog zračenja dodalo je još jednu [...] Osjetljivija mjerenja pozadinskog zračenja u budućnosti dozvoliti će nam otkriće dodatnih činjenica o svemiru«, rekao je u zaključku svog predavanja 1978. R. W. Wilson. Wilson (1992), 482.

1. Formiranje suvremene kozmologije – nekoliko naglasaka

1.1. Suvremena podjela kozmologije i povezana pitanja

Povijesno gledano kozmologija je jedna od najstarijih znanosti, ali suvremena kozmologija ne postoji dugo. Općenito uzevši, u današnje vrijeme, kozmologija se kao znanost o kozmosu u njegovu totalitetu dijeli na četiri discipline, i to kronološki gledano na: religijsku kozmologiju, ezoterijsku kozmologiju, metafizičku (filozofijsku) kozmologiju i fizikalnu (empirijsku) tzv. znanstvenu kozmologiju. Potonju u najkraćim crtama možemo odrediti kao proučavanja univerzuma u njegovu totalitetu znanstvenim metodama²⁴³. No, to se jednostavno i jasno određenje iz više razloga pokazuje nejasnim, odnosno, određenje suvremene kozmologije nije ni jednostavno ni jednoznačno. Uostalom, može li se uopće povući oštra linija razgraničenja između filozofije i suvremene kozmologije ili bismo, s obzirom na narav predmeta i ukoliko se želimo približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa, suvremenu kozmologiju trebali razumjeti šire?

No, ukoliko se želi uvidom u filozofičnost suvremene kozmologije ponuditi odgovor na to pitanje potrebno je iznijeti nekoliko napomena. Prvo, bilo bi pogrešno misliti da suvremena kozmologija nije izrasla iz filozofije. Drugo, bilo bi pogrešno tvrditi da suvremena kozmologija nema svojih specifičnosti. Treće, kod tematiziranja suvremene kozmologije treba uvažiti činjenicu da se suvremena kozmologija nalazi u dobu intenzivnog razvoja, odnosno suvremena kozmologija je disciplina u nastanku, nedovršeni posao²⁴⁴, pa se brojnim idejama, teorijama i podacima još ne može odrediti ni znanstvena ni povijesna vrijednost. Stoga govoriti išta o suvremenoj kozmologiji nije ni zahvalan ni jednostavan zadatak²⁴⁵. Četvrto, znanstveni rad na području suvremene kozmologije zadire u gotovo svaku granu fizike pa osim što kozmolog mora imati širok raspon znanja uključujući poznavanje astronomije, sa svom njezinom povijesnom prtljagom i terminologijom²⁴⁶ s istim tim rasponom, poviješću i terminologijom. S tim istim rasponom susreće se svatko tko pokušava govoriti o suvremenoj kozmologiji i

²⁴³ Usp. Liddle & Loveday (2009), 82.

²⁴⁴ Usp. Peebles (2012), 1.

²⁴⁵ To je razlog zašto je teško ponuditi pregled temeljnih obilježja empirijske kozmologije, odnosno razlog zašto se autori uglavnom okreću prikazu temeljnih obilježja trenutno aktualnijih pitanja ili modela, danas npr. SKM-a. Vidi: Liddle, 2003; Ryden, 2006; Peacock, 2010. itd

²⁴⁶ Usp. Peacock (2010), ix.

njezinim znanstvenim ili filozofijskim obilježjima. Peto, unatoč spomenutim teškoćama, govor o suvremenoj kozmologiji prijeko je potreban.

1.2. Dvije prekretnice

Sa sigurnošću se može utvrditi da se formiranje suvremene kozmologije u empirijsku disciplinu i ulazak u empirijskim podacima bogato razdoblje (tzv. zlatno doba) ostvarilo uz pomoć više međusobno povezanih varijabli. Iako je opravdano reći da je sve na tom putu bilo važno, od teorijskog razvoja do tehnološkog napretka, ipak moguće je izdvojiti nekoliko povijesnih trenutaka koje možemo odrediti kao svojevrsne točke prekretnice od velike važnosti za formiranje suvremene kozmologije kao empirijske discipline.

Prva bitna točka je kopernikanski obrat koji je u baštinu ostavio KP. U tom smislu već od XVI. st., naravno uz daljnji napredak na polju astronomskih opažanja, kozmologiju smatramo znanstvenom disciplinom. Druga točka prekretnice proizlazi iz razvoja astrofizike, „izuma“ XIX. st., ponajviše spektroskopije koja se pojavljuje i prvi puta kozmologiji daje fizikalnu i kemijsku dimenziju²⁴⁷. Uz opažajno-tehnološki napredak to su najvjerojatnije najvažniji povijesni trenutci od iznimnog značaja za stvaranje uvjeta početka formiranja suvremene kozmologije.

1.3. Dvije teorije

Oblikovanje suvremene kozmologije u empirijsku disciplinu govor je o empirijskom utemeljenju kozmologije koji smještamo u XX. st. Ulazak u to tzv. zlatno doba uvelike je obilježilo rivalstvo dvaju teorija. To su teorija ravnoteženoga stanja (*Steady State Theory*) i teorija velikoga praska²⁴⁸. Ta je borba trajala nekoliko desetljeća XX. st., do 1970-ih²⁴⁹. Naime, u to vrijeme već je bila formulirana Eisteinova opća teorija relativnosti²⁵⁰ i potvrđeno međusobno udaljavanje temeljnih blokova kozmosa (galaksija i skupova galaksija) i sve je upućivalo na zaključak da je kozmos u prošlosti bio zbijeniji (udaljenost manja). Ipak, nekoliko je uglednih kozmologa iznijelo drugačiji prijedlog. Godine 1948. H. Bondi, T. Gold i F. Hoyle su osmislili teoriju ravnoteženog stanja. Ona se temeljila na filozofijskom principu (savršeni

²⁴⁷ Usp. Kragh (2007a), 4, 89–96.

²⁴⁸ Dalje: TVP

²⁴⁹ Usp. Planinić (2005), 85.

²⁵⁰ Dalje: OTR.

KP) prema kojem kozmos na velikim skalama izgleda isti na svakom mjestu i u svako vrijeme²⁵¹. Dakle, ista je svaka točka u prostoru, a ista je i svaka točka u vremenu. Predloženi model bio je jednak onomu Willema de Sittera, model dinamičnog kozmosa, ali za razliku od Sitterova ispunjen materijom. Budući da je 1929. formuliran Hubbleov zakon (tzv. prvi empirijski temelj suvremene kozmologije), odnosno potvrđeno širenje kozmosa, konstantna gustoća materije u kozmosu, bila je objašnjena kontinuiranim (spontanom) stvaranjem kako bi se ispunio prošireni volumen. Nikada nije objašnjeno na koji se način to događalo, no takav kozmos nije trebao vremenski početak pa nije postojala ni potreba za njegovim objašnjenjem²⁵².

Važan detalj u ovom slučaju bila je empirijska potvrda. Naime, za razliku od napuštanja kozmoloških teorija iz filozofijskih razloga, za napuštanje teorije ravnoteženoga stanja bila je zaslužna empirijska potvrda. Tako je otkrićem kozmičkoga mikrovalnog pozadinskog zračenja²⁵³ započelo tzv. zlatno doba kozmologije u kojem još uvijek živimo, a suvremena kozmologija je određena kao empirijska disciplina. Ima li tu išta sporno? Nema. Nije sporna činjenica da suvremena kozmologija raspolaže empirijskim potvrdama s kojima prije nije raspolagala. No, sporno je možemo li suvremenu kozmologiju shvatiti isključivo kao empirijsku disciplinu ako želi ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa.

1.4. O početku suvremene kozmologije

Kao konačnu napomenu nakon svega iznesenog treba istaknuti da se na početke suvremene kozmologije može gledati iz najmanje dvije perspektive:

- Šire gledano, općeprihvaćeno je mišljenje početke razvoja suvremene kozmologije smještati u vrijeme prve polovice XX. st. Točnije, u vrijeme Einstenova formuliranja OTR 1915. do 1917. s kojom je empirijska kozmologija nerazdruživo vezana.
- Uže (strože) gledano početke suvremene kozmologije smješta se u vrijeme pojavljivanja jedne od važnijih empirijskih potvrda pretpostavki tih ideja – uočavanje postojanja KMPZ-a 1964²⁵⁴. Naime, upravo je potvrda postojanja KMPZ postala empirijski stup modela velikoga praska na kojem danas temeljimo SKM.

²⁵¹ Usp. Holder (2004), 15.

²⁵² Usp. i detaljnije: Taylor (2013), 21–24; Holder (2004), 15–16; Vidi i: Bondi (1998), 76–80.

²⁵³ Dalje: KMPZ.

²⁵⁴ Usp. Kragh (2014b), 644, 646.

Na potonjoj liniji razmišljanja može se reći, kako je istaknuo Wright, da su do 1963.

u kozmologiji postojale samo 2.5 činjenice: 1) nebo je noću tamno, 2) crveni pomak galaksija pokazuje uzorak konzistentan s općom ekspanzijom univerzuma, i 2.5) univerzum je evoluirao tijekom vremena. S obzirom na to da je 1963. kontroverzija između modela ravnoteženog stanja i modela velikog praska još uvijek bila živa, za posljednju se točku može reći da je bila samo pola-činjenice²⁵⁵.

Ipak, smatramo je da govor o suvremenoj kozmologiji treba početi iz prve, tzv. šire, perspektive. Najviše zbog specifičnog i nerazdruživoga odnosa teorijske i opservacijske kozmologije, odnosno teorijskih i empirijskih temelja u suvremenoj kozmologiji²⁵⁶. Naime, na to upućuju temeljna obilježja SKM-a, trenutno najbolje prihvaćenoga modela kozmosa pa se pokazuje kako je takav početak iznimno važan upravo za razumijevanje suvremene kozmologije.

2. Standardni kozmološki model

Od 1970-ih, a osobito u današnje vrijeme, pod terminom suvremene kozmologije uglavnom se misli na SKM²⁵⁷. Riječ je o modelu određenom TVP koji je postao dominantnim nakon što je poduprt empirijskim potvrdama o širenju univerzuma. Naime, posljednjih stotinjak godina podaci (opažanja) išli su u prilog relativističkih modela, uglavnom SKM-a. Točnije, od 1920-ih do 1970-ih kozmološki model velikoga praska razvijan je i utemeljen kao točan (u ovom trenutku najbolji) opis današnjega univerzuma, uključujući i većinu njegove povijesti²⁵⁸. Godine 1972., zahvaljujući S. Weinbergu, model je dobio svoj današnji naziv, tj. SKM.

Veća, dakle, razina točnosti i konzistentnosti između različitih neovisnih opažanja, kombinirana s konzistentnim teorijskim modelom, koja je sva ta opažanja zajedno povezala, položili su temelje za SKM²⁵⁹. Taj model, kao i njegovog preteču model velikoga praska, obilježava teorija širenja svemira i s njom vezano smanjenje gustoće koje iznimno dobro odgovara objašnjenju dinamičkoga stanja svemira uvjetovanog gravitacijskom interakcijom. Naime, upravo širenje svemira i njegov konačni vijek predstavljaju dobro rješenje jednog od najstarijih kozmoloških

²⁵⁵ Wright (2006), 1.

²⁵⁶ Početke suvremene kozmologije u razdoblje pojave OTR smješta npr. i M. Heller. Vidi: Heller (2013a), 10; Heller, 2011.

²⁵⁷ Usp. Liddle & Loveday (2009), 82, 282.

²⁵⁸ Usp. Taylor (2013), 33.

²⁵⁹ Usp. Taylor (2013), 33–34.

problema tzv. Olbersova paradoksa²⁶⁰. No u prilog teorije širenja svemira govore empirijske potvrde i izračuni parametara dostupnih opažanju. Stoga, na temelju iznesenog, SKM pretpostavlja da su prostor, vrijeme, energija, sile i masa, sve što nam je danas poznato nastali, ili još preciznije proširili se, iz singularnosti iznimno visoke gustoće i temperature do svoga trenutnog relativno „hladnoga“ i razrijeđenoga stanja, ali čije širenje još uvijek traje²⁶¹.

Dakle, prema TVP događaj nastanka svemira smješta se u vrijeme prije približno 13,7 milijardi godina, što ujedno znači da TVP, tj. SKM govori o (opisuje) razvoju kozmosa od 10^{-43} s nakon praska (velikoga praska) te uz pomoć TR, tj. OTR pokušava zahvatiti i velike skale. SKM opisuje geometriju prostor-vremena u univerzumu, tvarni sastav i dinamičku evoluciju univerzuma, a temelji se na ekstrapolaciji lokalne fizike, OTR i KP i empirijskim potvrdama: širenja univerzuma, evolucije elemenata, tj. tvari, KMPZ, te raspodjeli tvari na velikim skalama, ali uključuje i kvantnu i statističku fiziku²⁶². Riječ je o temeljnim teorijskim i empirijskim postavkama SKM-a.

Na kraju, iz svega što smo istaknuli razvidno je da su za razvoj suvremene kozmologije i put do SKM-a bile iznimno važne dvije promjene, svojevrsne prekretnice na dvije razine. Prva i nužna prekretnica bila je promjena teorijskoga okvira što je posljedično (uz tehnološki napredak) dovelo do druge promjene, tj. podizanja razine preciznosti opažanja i boljeg empirijskoga utemeljenja. Tako, kao i svaki model, SKM se gradi na teorijskim postavkama, a uvjerljivost i značaj mu daje kvaliteta i količina empirijskih podataka koje dobivamo opažanjima. U tom smislu, smatramo da bi opća skeptičnost glede znanstvenosti suvremene kozmologije bila suvišna (kako naglašava C. Smeenk), ali također smatramo da bi zanemarivanje teškoća i granica kozmologije bilo opasno (kako ističe G. F. R. Ellis). Uz to, na metodološkoj razini, teorijski i empirijski pristup predmetu za znanost, a posebice za suvremenu kozmologiju su neodvojivi²⁶³. I teorijske postavke i empirijska potvrda nužan su dio oblikovanja slike svijeta u kontekstu suvremene kozmologije. Štoviše, s obzirom na to da suvremena kozmologija sliku svijeta nudi u obliku modela, ona direktno izriče da su i teorijske postavke i empirijski podatci podložni promjenama koje su uzrokovane novim empirijskim podacima i tehnološkim napretkom (u smislu preciznosti određivanja parametara modela).

²⁶⁰ Usp. Vujnović (2010), 234.

²⁶¹ Usp. Ryden (2006), 6.

²⁶² Usp. Smeenk (2013), 2–3; Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 11; Peebles (1993), 5–6.

²⁶³ Usp. Munitz (2006), 558.

Upravo to naglašava i sam termin „standardni model“. Naime, kada je S. Weinberg (1972.) u kozmologiju uveo termin SKM, uveo ga je kako bi opisao teoriju za koju se može pokazati da je djelomično ili potpuno kriva, te je stoga i govorio o modelu. No, budući da je ta ista teorija do sada preživjela velik broj važnih provjera i nametnula se kao najbolji izbor među brojnim alternativnim pristupima govori se o standardu²⁶⁴. O spomenutim pitanjima progovoriti ćemo detaljnije u narednom poglavlju, no vidimo da već naznaka temeljnih obilježja SKM-a upućuje na promišljanje: treba li suvremenu kozmologiju shvatiti isključivo kao empirijsku disciplinu ili suvremenu kozmologiju treba shvatiti šire?

3. Teorijski temelji suvremene kozmologije

Suvremene kozmologije ne bi bilo bez koraka u novo u teorijskom smislu, tj. bez koraka u „novu fiziku“. SKM, kao trenutno najbolji opis kozmosa, ne bi postojao bez bogatoga razvojnog puta na teorijskom planu. Možemo reći kako suvremene kozmologije ne bi bilo bez susreta matematike i astronomije još tamo između 1907. do 1915., no ne bi je bilo ni bez specifične povezanosti teorije i podataka prikupljenih opažanjima. Zaista, ne postoji temelj da se odrekne značaj teorijskom ili empirijskom elementu u suvremenoj kozmologiji, ali ni način da ih se kategorički razdvoji. Neodvojivost tih dviju sastavnica, poznate kao teorijski i opažački vidovi suvremene kozmologije, upućuje na potrebu suvremene kozmologije za filozofijom. No, štoviše, na iznimnu filozofičnost suvremene kozmologije upućuju fundamentalniji problemi s kojima se suvremena kozmologija suočava u kontekstu svoga utemeljenja i u teorijskom i u empirijskom smislu. Pogledajmo поближе prvo teorijske postavke suvremene kozmologije.

Naime, teorijske postavke suvremene kozmologije toliko su pertinentne da bi njihovo redefiniranje ili uklanjanje bila nova znanstvena revolucija koja bi uvelike nadilazila kontekst suvremene kozmologije kao empirijske discipline. Zašto? Zato što promjene u teorijskim postavkama uglavnom znače promjenu razumijevanja temeljnih pojmova, tj. promjenu razumijevanja stvarnosti. Dakle, baš kao što su KP i TR (odnosno OTR), u svoje vrijeme i na svoj način, drastično promijenili razumijevanje temeljnih pojmova znanstvenoga diskursa, implicirajući signifikantne metafizičke i fizičke posljedice, tako bi se dogodilo i u slučaju nekoga novog redefiniranja teorijskih postavki suvremene kozmologije. To postaje još razvidnije kada znamo da se među pojmovima čijeg se razumijevanju tiču teorijske

²⁶⁴ Usp. Milin (2010), 42.

pretpostavke suvremene kozmologije nalaze temeljni pojmovi našega znanstvenog (ali i svakodnevnog) diskursa kao što su: prostor, vrijeme, svjetlost, sila, tvar, masa i energija.

Dvije temeljne teorijske postavke suvremene kozmologije, OTR i KP naglasak stavljaju na neka nužna načela i pretpostavke: načelo relativnosti i konstantnosti brzine svjetlosti i na pretpostavke homogenosti i izotropije. To je teorijski okvir na kojem se gradi, tj. iz kojeg izrasta suvremena kozmologija. Štoviše, i OTR i KP predstavljaju nužne sastavnice onoga što se određuje suvremenom kozmologijom. Te temeljne teorijske postavke SKM-a kažu:

- OTR je ispravna teorija gravitacije koja se može aplicirati na univerzum u njegovoj cjelovitosti;
- distribucija tvari univerzumom je homogena i izotropna (tzv. KP)²⁶⁵.

Cilj ovoga poglavlja je ispitati i izložiti što za suvremenu kozmologiju kao empirijsku znanost, tj. za njezin empirijski pristup predmetu, znače ove dvije sastavnice, odnosno, propitati treba li i zašto suvremenu kozmologiju shvatiti šire. No, s obzirom na to da je OTR proširenje specijalne teorije relativnosti²⁶⁶ koja je uzrokovala radikalnu promjenu u shvaćanju temeljnih pojmova kojima se služimo kod izrade modela (današnja slika svijeta) u okvirima kozmologije, istaknut ćemo temeljna obilježja i implikacije STR.

3.1. Teorija relativnosti

Einsteinovu TR, započetu 1905. godine, smatra se jednom od znanstvenih revolucija, odnosno revolucionarnom i ključnom idejom u fizici XX. stoljeća. Ime je dobila po to tome što kao osnovni aksiom uzima klasični princip relativnosti (naziv je najvjerojatnije predložio Max Planck) i u tom smislu nema ništa s filozofijskim relativizmom. Einstein je TR razvijao nekoliko desetljeća, a poznata je u dva oblika, STR (1905.) i OTR (1915. – 1917.). STR je postala temelj „nove fizike“, a OTR suvremene kozmologije, stavivši je na nove, plodonosne temelje²⁶⁷. Suvremenu kozmologiju i OTR povezuju empirijske potvrde. Štoviše, trenutna znanja upućuju na to da je kozmos na velikim skalama uređen gravitacijom, a jedina pak

²⁶⁵ Usp. i detaljnije Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 16–17.

²⁶⁶ Dalje: STR.

²⁶⁷ Usp. Kragh (2007), 125; Taylor (2013), 34.

primjenjiva teorija gravitacije koju imamo zapravo je OTR²⁶⁸ – preciznije rečeno, nema empirijskih naznaka za odstupanje od OTR.

Neupitno je da je s TR za fiziku započelo jedno novo, zanimljivo i plodonosno razdoblje u kojem se još uvijek nalazimo. No, TR je, osim što je stvorila temelje za početak tzv. zlatnoga doba suvremene kozmologije, promijenila klasično i razumu najbliže razumijevanje brojnih fenomena. U tom smislu, STR i OTR su usko vezane s više filozofijski i znanstveno pertinentnih pitanja, odnosno uz razumijevanje svjetlosti, gibanja, prostora, vremena, ali i sile, tvari, mase, energije i sl. Pogledajmo na koji način.

3.1.1. Specijalna teorija relativnosti – svjetlost i prostor-vrijeme

Od prvih filozofijskih pa do suvremenih problematiziranja kozmosa prostor i vrijeme su neizostavne sastavnice promišljanja o kozmosu. Tako je bilo i početkom XX. st. kada se fizika našla u poteškoćama. Naime, tzv. „nova fizika“, tj. Maxwellova elektrodinamika, bila je u suprotnosti s osnovnim tvrdnjama dva stoljeća prakticirane Newtonove klasične mehanike. Rješenje problema u kojima se našla fizika ponudio je Einstein sa STR. Pojednostavljeno govoreći, u tom se povijesnom trenutku shvatilo da se o prostoru i vremenu, o kozmosu kao entitetu velikih skala, ne može govoriti ako ne postoji adekvatno razumijevanje fenomena svjetlosti (koji možemo pribrojiti najzagonetnijim fenomenima u povijesti ljudskog mišljenja). Štoviše, relativistička teorija prostora i vremena zasnovana je upravo na činjenici da je brzina svjetlosti univerzalna konstanta, neprekoračiva za sve motritelje²⁶⁹.

Ukratko, u doba Newtona postojale su dvije teorije o naravi svjetlosti. Korpuskularna teorija, koju je zastupao i sam Newton, a prema kojoj se smatralo da se svjetlost sastoji od roja sitnih čestica – one će puno kasnije biti nazvane fotonima. No, istovremeno, Huygens je smatrao da je svjetlost valno gibanje (valna ili undulatorna priroda svjetlosti). Iako je i za jednu i za drugu teoriju bilo dokaza, u XIX. st. je bila općeprihvaćena valna teorija (Th. Young). Razlog tome je bio taj što su se neke optičke pojave mogle tumačiti samo pretpostavkom o valnom karakteru svjetlosti. Valnu teoriju svjetlosti razradili su znanstvenici u drugoj polovici XIX. st. i uklopili je u širu elektromagnetsku teoriju. Svjetlost je shvaćena kao elektromagnetski val poznate

²⁶⁸ Usp. Clark (1999), 187.

²⁶⁹ Usp. Supek & Furić (1994), 128.

brzine, koja je bila određena još prije. No, pitanje koje je ostalo otvoreno bilo je pitanje medija kroz koji se svjetlost širi. Stoga je oživljena i stara ideja etera (Aristotel) kao vrlo fine supstancije kroz koju se šire elektromagnetski valovi. Nastojeći eksperimentalno utvrditi postojanje etera fizičari su proveli znameniti eksperiment (Michelson-Morleyev eksperiment, 1887.²⁷⁰) koji je dao neočekivani rezultat. Na objašnjenje se moralo pričekati dvadesetak godina. Naime, eksperimentom je pokazano da brzina svjetlosti ne ovisi o brzini gibanja promatrača ili izvora svjetlosti. Odnosno, brzina svjetlosti nije bila relativna kako se očekivalo ili brzina svjetlosti u vakuumu je konstantna i jednaka za svaki inercijski sustav²⁷¹. To je u najmanju ruku bilo nejasno, ako ne i neprihvatljivo rješenje. Nejasnoće je riješio G. F. Fitzgerald 1892. hipotezom kontrakcije dužina, ali i ta je hipoteza bila protivna svim mehaničkim predodžbama. Prihvatio ju je H. A. Lorentz, a rezultatima njegova rada, tzv. Lorentzovim transformacijama, poslužio se i Einstein²⁷².

Nadalje, za svjetlost se do 1676. vjerovalo da se giba beskonačno velikom brzinom. Tada je danskom astronomu C. O. Rømeru pošlo za rukom utvrditi veliku, ali konačnu brzinu svjetlosti (brzina svjetlosti u vakuumu iznosi 299,792,458 km/s)²⁷³. Ipak, zadovoljavajuća teorija širenja svjetlosti nije se pojavila do 1865. (James Clerk Maxwell), kada se uspjelo ujediniti na prvi pogled raznorodne pojave kao što su elektricitet i magnetizam. Nastala je elektromagnetska teorija u koju ulazi i fenomen svjetlosti²⁷⁴. No, Maxwellove jednadžbe, kojima se opisuju elektromagnetski procesi, u jednom su se detalju razlikovale od Newtonovih zakona. Štoviše, prvi put u povijesti fizike u Maxwellovim se zakonima, koji vrijede za sve inercijske sustave, pojavila jedna univerzalna konstanta. Upravo je opstanak konstante c , koja određuje promjene elektromagnetskog polja, imao dalekosežne posljedice (ukidanje klasične istodobnosti događaja što je bio »prvi rezultat relativističke kritike naših svakidašnjih predodžaba o vremenu«). Konstantnost brzine svjetlosti će postati jedan od dva temeljna aksioma STR²⁷⁵.

U tom povijesnom trenutku razvidne su bile tri mogućnosti:

- Maxwellove jednadžbe su pogrešne, no sve je upućivalo na to da je to nemoguće;

²⁷⁰ Detaljnije o eksperimentu vidi: Supek & Furić (1994), 123–125; Hawking (1989), 20.

²⁷¹ Usp. Moritz (1998), 85.

²⁷² Usp. Supek & Furić (1994), 125.

²⁷³ Usp. Hawking (1989), 19.

²⁷⁴ Usp. Hawking (1989), 19.

²⁷⁵ Usp. i citat Supek & Furić (1994), 126–127.

- Galilejev princip relativnosti je ispravan, no u elektromagnetizmu postoji preferirani inercijski referentni sustav, tzv. eter, u kojem je gibanje svjetlosti analogno gibanju mehaničkog vala kroz neko sredstvo. Uz to je većina znanstvenika toga doba pristajala;
- konačno, postoji novi princip relativnosti koji se može primijeniti i u mehanici i u elektromagnetizmu, a koji nije zasnovan na Galilejevim transformacijama. Posljednja je mogućnost zahtijevala promjene osnovnih zakona Newtonove mehanike. Nju je prihvatio Einstein.

Dok je, dakle, u klasičnoj znanosti načelno moguća bilo koja brzina (čak i beskonačna) u TR ulogu beskonačne brzine preuzela je brzina svjetlosti. U klasičnoj znanosti vrijedi tzv. Galilejevo klasično načelo slaganja brzina što je u skladu sa svakodnevnim iskustvom. No, svjetlost ne poštuje to načelo. Širenje svjetlosti je elektromagnetski proces i ne može biti shvaćeno kao širenje mehaničkih titraja. Na svjetlost se ne mogu prenijeti zorne predodžbe koje imamo o gibanju mehaničkih tijela; ona za sve motritelje uvijek ima istu brzinu²⁷⁶. Za svjetlost vrijedi drugačije, tj. relativističko, načelo slaganja brzina. Einstein je Galilejeve transformacije zamijenio Lorentzovim transformacijama, a to je rezultiralo novim spoznajama koje su bile neobične, neočekivane i kontradiktorne Newtonovoj mehanici. Za razliku od Galilejevih transformacija u Lorentzovim transformacijama vrijeme nije invarijantno. Brojni znanstvenici to nisu mogli prihvatiti, Einstein jest.

Nadalje, Einstein je utvrdio da su stanje mirovanja i jednolikog gibanja po pravcu ekvivalentna stanja. U tim stanjima prirodni zakoni ostaju isti (dakle invarijantni). Izravne posljedice na prostor i vrijeme su sljedeće:

- prostor mijenja svoja svojstva kada se relativni sustav giba brzinom bliskom brzini svjetlosti, i to tako da se:
 - prostor u smjeru gibanja skraćuje ovisno o brzini gibanja sustava; što veća brzina to veće skraćenje tako da u ekstremnom slučaju kada bi brzina sustava bila jednaka brzini svjetlosti dužina bi se skratila na nulu, tj. kontrakcija bi bila potpuna.
 - U tom istom sustavu vrijeme bi se (u smislu trajanja nekog procesa) produžilo za isti faktor za koji se prostor skraćuje (dilatacija vremena).

²⁷⁶ Usp. Supek & Furić (1994), 126.

Na taj je način TR dokinula do tada uobičajenu ideju klasične znanosti o prostoru i vremenu kao nepromjenjivoj pozadini na kojoj se nešto događa.

Isto tako, prostor i vrijeme nisu više međusobno odvojeni entiteti nego čine jedinstvo koje se izražava kao četvero-dimenzionalni prostor-vrijeme pri čemu je vrijeme jedna od dimenzija prostor-vremena. Einstein je također, slijedeći relacionističke teorije prostora i vremena, smatrao da se bez tvari uopće ne može govoriti o prostoru i vremenu. Masa, osnovno svojstvo tvari, kao i prostor-vrijeme, ovisna je o brzini. Kao što se dužina skraćuje, a vrijeme produžuje, isto tako se i masa tijela prividno povećava kada se tijelo giba velikim brzinama i to za isti faktor kao što se događa kontrakcija dužine i dilatacija vremena. Pri brzinama svjetlosti masa tijela postaje beskonačno velika. Uz to, masa je sad izgubila svoje klasično određenje, tj. izražena je jednom od poznatijih i vjerojatno najpopularnijih formula u znanosti, a koja kaže da su masa i energija ekvivalentne ($E = mc^2$, gdje je E energija, m masa i c brzina svjetlosti). To je razlog zašto se tijelo ni ne može gibati brzinom svjetlosti, jednostavno u tom slučaju masa bi mu bila beskonačno velika, a trebalo bi mu i isto toliko energije da postigne tu brzinu. Stoga se pri malim brzinama klasična Newtonova mehanika pokazuje približno ispravnom, no pri velikim brzinama mora biti zamijenjena relativističkom mehanikom.

Dakle, možemo zaključiti sljedeće: uvjeren da osnovni zakoni fizike moraju biti univerzalni, Einstein je na osnovi rezultata spomenutog eksperimenta (Michelson-Morleyev eksperiment) i pretpostavki koje su proizlazile iz rada drugih znanstvenika (H. A. Lorentz, J. C. Maxwell, H. Minkowski) postulirao nekoliko tvrdnji koje tvore srž nove teorije poznate kao STR. Ta je nova teorija ujedno predstavljala kritiku klasičnih predodžbi o prostoru i vremenu. Naime, Einstein je za razliku od većine znanstvenika svoga vremena odbacio eter kao nekorisnu pretpostavku bez koje se dobro mogu opisati sve pojave. No, istovremeno je postavio dva temeljna aksioma, a to su:

- prvi, tzv. princip relativnosti, koji kaže kako zakoni fizike ne zavise od izbora inercijalnoga referentnog sustava, odnosno svi referentni sustavi koji se jedan spram drugog gibaju proizvoljnom stalnom brzinom jesu ravnopravni i opisivanje pojava u njima biva prikazano istim jednadžbama bez obzira na početne uvjete (ovo načelo je zapravo bilo poznato i prije Einsteina, tzv. Galilejeva relativnost);
- drugi, u bilo kojem inercijalnom referentnom sustavu brzina svjetlosti u vakuumu je c (načelo invarijantnosti brzine svjetlosti).

Upravo je ovaj drugi aksiom predstavljao novost koja je imala sljedeće izravne posljedice:

- brzina svjetlosti je maksimalna (konstantna) brzina i nije ovisna o brzini izvora;
- apsolutna istodobnost događaja je izgubila smisao, odnosno »istodobnost se može, dakle, definirati samo za pojedine sustave u gibanju. Svaki sustav u gibanju ima svoje sate, svoja vlastita vremena«²⁷⁷;
- masa i energija su ekvivalentne.

Na taj se način pokazalo da konstantnost brzine svjetlosti nije neka samovoljna pretpostavka već jedno od osnovnih svojstava prirode prema kojem se onda, shodno tome, ravnaju sve metrike u različitim inercijalnim sustavima²⁷⁸. No, unatoč činjenici da je utemeljena na dva jednostavna aksioma, STR je imala radikalne fizikalne posljedice i sasvim promijenila shvaćanje prostora i vremena²⁷⁹. Prostor i vrijeme su postali prostor-vrijeme, u kojem više ne postoji prava razlika između koordinata prostora i vremena, i ne može ih se razmatrati neovisno. Prostor-vrijeme je četvero-dimenzionalan prostor čije točke su događaji²⁸⁰, a događaj je točka u prostor-vremenu, određena vlastitim vremenom i prostorom²⁸¹. Izravna posljedica tih promjena svojstava prostora i vremena jest tzv. paradoks blizanaca²⁸² koji zdravom razumu predstavlja paradoks (dilatacija vremena).

S razvojem nuklearne fizike i fizike elementarnih čestica, postulati i predviđanja STR su eksperimentalno potvrđeni te se STR smatra trenutno možda i najtočnije potvrđenom teorijom fizike. Štoviše, danas je poželjno da svi fizikalni zakoni budu u skladu s aksiomima STR. No, osim fizikalnih, STR je imala iznimne filozofijske posljedice. Ta nas je teorija potaknula da prostor i vrijeme doista shvaćamo kao relativne što je, s jedne strane, uzrokovalo oblikovanja novih modela kozmosa, koliko god oni čudni bili i, s druge strane, istovremeno otkrilo da je stvarnost puno složenija od onoga što se mislilo – STR je pred nas stavila zahtjev za dubljim promišljanjem prirode i naravi pojmova kojima se klasična znanost služi svakodnevno²⁸³.

²⁷⁷ Supek & Furić (1994), 127.

²⁷⁸ Usp. Supek & Furić (1994), 128.

²⁷⁹ Bitnu ulogu u promjeni razumijevanja pojmova prostora i vremena zasigurno je odigrala i Leibnizova kritika Newtonova apsolutnog prostora i vremena. Vidi: Rosenberg (2005), 3.

²⁸⁰ Usp. Hawking (1989), 198.

²⁸¹ Usp. Hawking (1989), 195.

²⁸² Ukratko, riječ je o misaonom eksperimentu prema kojem jedan od blizanaca polazi na putovanje svemirom gotovo brzinom svjetlosti, a kada se vrati (zbog dilatacije vremena) otkriva kako je mlađi od brata.

²⁸³ Usp. Moritz (1998), 86.

3.1.2. *Opća teorija relativnosti – gravitacija*

Iako je STR sama po sebi bila velik doprinos fizici XX. st., Einstein ju je zbog nekih očitih nedostataka imao potrebu dopuniti, tj. proširiti. Nekoliko je razloga Einsteina potaknulo na razvijanje OTR. Naime, STR je već postulirala prostor-vrijeme i bila je primjenjiva u slučaju jednolikog gibanja po pravcu, ali jednostavno nije vrijedila za zakrivljena gibanja, kao ni za ubrzana gibanja u gravitacijskom polju. STR zahtijeva lokalnost interakcija i nužno vodi u koncepciju polja, odnosno maksimalna brzina c ne dozvoljava djelovanje na daljinu. Dakle, STR vrijedi za inercijske sustave (koji zapravo i ne postoje jer je sve podložno gravitaciji), odnosno zanemaruje ubrzanje i silu na daljinu, tj. gravitaciju. Stvoriti uvjete da za sve promatrače događaja vrijede isti zakoni fizike Einstein je mogao uključivanjem opisa gravitacije u STR²⁸⁴. Dakle, razvidno je da su mehanika sustava čestica, klasična i relativistička mehanika fizikalne teorije koje imaju ograničenu domenu valjanosti te zahtijevaju poopćenje na teoriju polja i kvantnu mehaniku, tj. kvantnu teoriju polja. Einsteinovi pokušaji da pronade kovarijantnu relativističku formulaciju problema gibanja sustava čestica među kojima djeluju gravitacijske sile, rezultiralo je konačno 1907. – 1917. OTR-om, odnosno novom teorijom gravitacije.

Preciznije, Einstein je prvi korak uključivanja gravitacije u TR napravio već 1907. Formuliranjem generaliziranoga principa ekvivalencije Einstein je princip relativnosti protegnuo na sve koordinatne sustave, dakle na inercijske i neinercijske. To je princip koji se temelji na jednakosti gravitacijske (teške) i inercijalne (trome) mase²⁸⁵. Sam princip ekvivalencije može se primijeniti samo na male dijelove prostora (kad možemo smatrati da je akceleracija konstantna) – homogeno gravitacijsko polje (za polja koja nisu homogena princip ne vrijedi). Prema principu ekvivalencije svojstva prostora i vremena su ista nalazimo li se u gravitacijskom polju ili u ubrzanom sustavu²⁸⁶. U jednom radu iz 1911. Einstein je demonstrirao kako ga je princip ekvivalencije doveo do zaključka da gravitacija utječe i na širenje svjetlosti. Naime, sasvim je očito da u kozmosu ne možemo pobjeći od gravitacije i u tom smislu sve provjere STR mogu biti samo aproksimativne, ali kad se udaljimo od velikih masa gravitacijsko djelovanje postaje zanemarivo. Ta je činjenica Einsteina dovela do ideje da gravitaciju ne tretira

²⁸⁴ Usp. Liddle & Loveday (2009), 140.

²⁸⁵ Pojednostavljeno, prema misaonom eksperimentu: promatrač u specifičnim uvjetima ne može razlikovati akceleraciju od gravitacijskog polja

²⁸⁶ Usp. Brković (2001), 585.

kao silu već kao svojstvo prostor-vremena i njegovog sadržaja, odnosno tvari, i izjednači jednadžbe zakrivljenosti prostor-vremena s uzrokom te zakrivljenosti (tvari, tj. energijom)²⁸⁷. Dakle, svjetlost nije privučena masom pod utjecajem gravitacije već geometrijom prostora koja je iskrivljena postojanjem i raspodjelom tvari²⁸⁸. Tako je zapravo postavljena temeljna tvrdnja OTR, Einsteinov revolucionaran prijedlog koji kaže da gravitacija nije sila kao druge sile nego posljedica zakrivljenosti prostor-vremena, i to pod utjecajem raspodjele mase i energije unutar njega²⁸⁹. Prostor i vrijeme sada su ovisni o gravitaciji koja se, iako nije detektirana na mikro-razini, nesumnjivo pojavljuje u slučaju postojanja velikih masa. Dakle, masa zakrivljuje prostor pa veličina prostorno vremenske zakrivljenosti ovisi o masama okolnih tijela. Posljedično tijela se kreću po zakrivljenim linijama (geodezijskim linijama) koje predstavljaju najkraće udaljenosti od točke do točke. U tom smislu OTR je predviđjela:

- savijanje svjetlosti pod utjecajem gravitacijskih polja;
- zakretanje putanja planeta;
- gravitacijski crveni pomak;
- postojanje nedavno otkrivenih gravitacijskih valova²⁹⁰.

Konceptualna prednost nove teorije gravitacije pred Newtonovom bila je inkorporacija ideje zakrivljenog prostora čime se omogućio znanstveni opis zatvorenog kozmosa bez granica²⁹¹. Temeljan obilježja OTR-a otkrivaju da u takvom sustavu euklidska geometrija nije primjenjiva pa postaje jasno kako je za formuliranje OTR bilo važno Einsteinovo poznavanje neeuklidskih geometrija.

3.1.3. Neeuklidske geometrije

Revolucionaran model univerzuma koji je, primjenom TR na univerzum u cjelini, ponudio sam Einstein 1917. bio je temeljen na ideji razumijevanja prostora (uz sve već spomenuto) koja je svoje korijene vukla iz XIX. st. Naime, stoljećima se smatralo da je prostor vezan uz pravila euklidske geometrije u kojoj je zbroj kutova u trokutu 180° . Možda iz matematičke znatiželje, ali s vremenom se razvila ideja da postoje i drugi konzistentni modeli prostora, tzv. neeuklidski.

²⁸⁷ Usp. Brković (2001), 586.

²⁸⁸ Usp. Kragh (2007), 128.

²⁸⁹ Usp. Hawking (1989), 32.

²⁹⁰ Vidi: Abbott & dr., 2016.

²⁹¹ Usp. Kragh (2007), 125.

Prirodno je uslijedilo pitanje o geometriji fizičkog prostora i bilo je sasvim razvidno da će se rješenje osim matematički morati potražiti i eksperimentalno i opažanjem²⁹².

Pogledajmo kako je došlo do tog spajanja geometrije i fizike i promjene razumijevanja prostora. Za otkriće neeuklidskih geometrija zaslužni su u prvom redu Friedrich Gauss, Nikolai Lobachevski i Janos Bolyai. Gaussove su ideje postale šire poznate nakon njegove smrti, no Lobachevski i Bolyai su svoja otkrića objavili već ranih 1830-ih. Ipak, već je 1817. Gauss tvrdio kako prostor nije samo matematička konstrukcija, kako euklidska geometrija nije nužno istinita, ali da je sustav koji se pokazuje empirijski istinitim – pokušao je to utvrditi, ali nije uspio. Isto je pokušavao i Lobachevski i to u okvirima astronomije no i on je morao zaključiti kako njegova geometrija nije primjenjiva na prirodu. Tek je godine 1854. jedan Gaussov student, Bernhard Riemann, prezentirao neke nove ideje. Pripisao je zakrivljenost intrinzičnim svojstvima prostora i naglasak stavio na duboku povezanost geometrije i fizike. No, te su se ideje širile jako polako. U svijet matematike su ušle tek kada ih je argumentirano i jasno prikazao Eugenio Beltrami 1868. Dodatno ih je proširio William K. Clifford prevodeći radove na engleski čime su ideje zakrivljenoga prostora i geometrizacije fizike postale i popularne. Spominjalo ih se u radovima astronoma, a na njih se upućivalo (1872.) i u raspravama o poznatom Olbersovom paradoksu. Ideju Gausa i Lobachevskog, utvrđivanje strukture prostora iz opažanja, ponovo je 1900. pokušao ostvariti Karl Schwarzschild²⁹³.

Nisu se svi fizičari ni matematičari slagali s time da se geometrija prostora može empirijski odrediti, a među onima takvoga stajališta bio je i H. Poincaré. Za njega je geometrija prostora bila stvar konvencije te bi trebala biti izabrana geometrija koja omogućava najjednostavniji opis prirode, a to je za njega bila euklidska geometrija. Kao i R. J. Bošković 1758. i Poincaré je prostor smatrao relativnim te zaključio kako zbog tih razloga jednolika ekspanzija ili kontrakcija ne bi bile zamjetljive. No, bilo je i onih koji su, kao Auguste Calinon (1889.), smatrali kako euklidsku geometriju ne treba preferirati samo zbog njezine jednostavnosti. Calinon je tvrdio da zakrivljenost prostora ne mora biti konstantna, već može varirati u vremenu između različitih formi, pa je u tom smislu i istaknuo potrebu modificiranja Newtonova zakona gravitacije. Ipak, sve su te ideje ostale ili na razini spekulacije ili samo neuspjeli pokušaji izvan konteksta astronomije²⁹⁴.

²⁹² Usp. Kragh (2007), 125–126.

²⁹³ Usp. Kragh (2007), 126–127.

²⁹⁴ Usp. Kragh (2007), 127–128.

Uvjeren kako temelji geometrije imaju duboko fizikalno značenje, Einstein je zaključio (1912.) da mu upravo neeuklidske geometrije mogu pomoći u razvoju OTR. Tako godinu poslije, u suradnji s Grossmannom, Einstein razvija prvu tenzorsku teoriju gravitacije koja je sadržavala prvu jednadžbu polja za gravitaciju, ali svoju ideju će razviti i prezentirati tek 1915., a u cijelosti tiskati u ožujku 1916. Na taj je način stvorena sama srž Einsteinove OTR, tj. gravitacijska jednadžba polja koja izražava na koji je način geometrija prostor-vremena povezana sa svojim sadržajem, odnosno materijom i energijom. S godinama će se brojna predviđanja OTR potvrditi opažanjem, no nakon objave OTR nije privukla veliku pozornost astronoma, bar ne većine. Ipak, Willem de Sitter je na poziv Eddingtona s nekoliko članaka upoznao englesko govorno područje s OTR te 1916. razgovarao s Einsteinom o teoriji što je rezultiralo Einsteinovim pokušajem aplikacije OTR na univerzum na velikim skalama²⁹⁵.

U ovom kontekstu značajno je uočiti pitanja odnosa opažanje-matematika-fizika-filozofija – to su pitanja u rasponu od metafizike do metodologije. U smislu pak razumijevanja suvremene kozmologije isključivo kao empirijske discipline postaje očitim da s jedne strane, empirijska potvrda neupitno predstavlja konačni kriterij za verifikaciju ili falsifikaciju neke teorije ili hipoteze, ali i to da se teorijska strana koja se tiče i teorijske fizike i matematike i filozofije često pokazuje kao nužna prethodnica upravo empirijskom utemeljenju. Kako je M. Rees primijetio »principi su u kozmologiji često podrazumijevali pretpostavke bez empirijskog utemeljenja, ali bez kojih predmet uopće ne bi mogao napredovati«²⁹⁶, a danas je tako možda više nego ikada u povijesti. Naime, kao i brojni prije njega i Einstein se pri prijelazu sa STR na OTR oslanjao na spoznajno-teorijski motiv i njemu je dao odlučujuću važnost, naravno uvažavajući empirijske potvrde. A i STR je, naspram drugih objašnjenja, npr. Lorentzove hipoteze kontrakcije, zadobila prednost ne na temelju empirijskoga utemeljenja već logičke forme i opće sustavne vrijednosti. Stoga nije čudno da Planck TR uspoređuje s kopernikanskim obratom u kozmologiji²⁹⁷. Naime, opažanja astronoma gotovo nisu imala utjecaja na razvoj TR, možda je Einsteinu matematika bila puno važnija od eksperimenata i opažanja. Uostalom od 1917. pa do Hubbleovog otkrića 1929. relativistička kozmologija je uglavnom bila matematička znanost s gotovo nikakvim doticajima s opservacijama astronomije. Trebalo je dosta vremena da se shvati bogatstvo Einsteinove ideje, a dugo se čak mislilo da Einsteinova OTR ni ne može

²⁹⁵ Usp. Kragh (2007), 129–131.

²⁹⁶ Citat preuzet iz: Hwang (2012), 65.

²⁹⁷ Usp. Cassirer (1998), 5.

stajati iza nekog kozmološkog modela²⁹⁸. No, danas je OTR temeljni okvir suvremene kozmologije. OTR je redefinirala razumijevanje prostora, vremena, tvari, energije, sile itd. što je bilo iznimno važno za suvremenu kozmologiju, ali i za promišljanje odnosa opažanje-matematika-fizika-filozofija. Štoviše, s obzirom na to da istaknuta tematika još uvijek nema empirijski adekvatnog odgovora očito je koliki je značaj promišljanja odnosa filozofije i znanosti, odnosno koliko je važno razviti kvalitetnu filozofiju kozmologije. Uistinu, narav odnosa empirijski sadržaj-matematika, matematika-fizika, fizika-filozofija, određenje temeljnih koncepata kojima opisujemo stvarnost, narav odnosa jezik-empirijski sadržaj, jezik-jezik matematike, promišljanje kriterija znanstvenosti i znanstvene metode, sve su to filozofijska pitanja logičke, metafizičke ili epistemološke naravi. Te odgovore i znanost, u ovom slučaju suvremena kozmologija očekuje od filozofije kako bi se mogla približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa. A upravo na takav zaključak upućuje i drugi teorijski temelj suvremene kozmologije, tzv. KP.

3.2. Kozmološki princip

Tragove tvrdnje koja se razvijala stoljećima, a danas je poznata kao KP, nalazimo već kod prvih filozofa prirode²⁹⁹. Ona je usko vezana uz Kopernika, odnosno uz tzv. kopernikansko načelo. Iako nije strano da se ideja o pomicanju Zemlje iz središta kozmosa pojavila i prije Kopernika, ipak tek je Kopernik uspio ponuditi utjecajniiji model kojim bi ta ideja bila primjereno plasirana. No ni taj model, vidjeli smo, nije u potpunosti napustio ideju postojanja središta kozmosa. Kopernik je iz središta kozmosa pomaknuo Zemlju, ali samo zato kako bi u središte postavio Sunce. U tom se smislu dugo smatralo da se Sunce nalazi u središtu Mliječne staze, a ona pak u središtu univerzuma. No, u XX. st. je utvrđeno da je Mliječna staza iznimno velika galaksija unutar koje Sunčev sustav leži izvan središta, pa je tom spoznajom kopernikansko načelo postalo čvrsto utemeljena tvrdnja³⁰⁰.

Kopernikansko načelo kaže: »Zemlja ne zauzima privilegirano mjesto unutar univerzuma uzetog u njegovoj cjelovitosti«³⁰¹. Upravo se to načelo u suvremenoj kozmologiji često uzima

²⁹⁸ Osim dva i to idealiziranog statičnog univerzuma, ponuđenih jedan od samoga Einsteina, a drugi od D. W de Sittera (dok je Einsteinov model ostao povijesno zanimljiv potonji je bio iznimno utjecajan tijekom stoljeća). Usp. Kragh (2007), 125.

²⁹⁹ Detaljniji prikaz povijesnog razvoja KP vidi kod: Jaakkola (1989), 17–25.

³⁰⁰ Usp. Liddle & Loveday (2009), 80.

³⁰¹ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 347.

kao potpora, odnosno, opravdanje više tehničkog principa na kojem se temelji suvremena kozmologija, a koji pretpostavljaju FLRW modeli kao *a-priori* određenje univerzuma³⁰². Riječ je o KP koji je, kao pretpostavku koja kaže da je raspodjela tvari na velikim skalama prostorno homogena i izotropna, predložio Einstein 1917. Einsteinu je to bila radna hipoteza za koju vjerojatno ni sam nije pretpostavljao da će se razviti u temeljni princip suvremene kozmologije³⁰³. Danas razlikujemo tzv. jaku, tj. savršenu verziju KP koju su prezentirali Bondi, Gold i Hoyle, a kaže da »osim lokalnih nepravilnosti, univerzum očituje ista obilježja u svakoj točki i u svako vrijeme«³⁰⁴ i tzv. slabu (*restricted; ograničenu*) verziju KP, koju koristi SKM, a koja se odnosi samo na prostornu dimenziju univerzuma³⁰⁵, tj. koja kaže da je »univerzum prostorno homogen i izotropan«³⁰⁶.

Dakle, KP je sastavnica SKM-a koja se odnosi na raspodjelu tvari i podrazumijeva dvije temeljne pretpostavke: homogenost i izotropiju. Pretpostaviti da je univerzum izotropan znači pretpostaviti da u univerzumu ne postoji povlašteni smjer. Pojednostavljeno, u koju god stranu promatrač pogleda univerzum izgleda isto – sva svojstva su jednaka bez obzira na smjer. Pretpostaviti da je univerzum prostorno homogen znači pretpostaviti kako u univerzumu nema povlaštenih mjesta (točaka). Pojednostavljeno, svojstva svake točke u univerzumu su ista, odnosno takva da za njih vrijede jednaki fizikalni zakoni i to bez obzira što je na malim skalama univerzum nehomogen, odnosno materija usredotočena u pojedinim objektima. Promatramo li veće (jednake) cjeline (npr. veće od 300 Mpc³⁰⁷) u svakoj ćemo cjelini naći jednaku količinu materije³⁰⁸. Razvidno je, dakle, da homogenost ne implicira izotropnost niti izotropija implicira homogenost. Tvrditi da je nešto izotropno sasvim je nešto drugo od tvrdnje da je nešto homogeno. No, kako smo istaknuli, FLRW modeli pretpostavljaju izotropiju (koja je poprilično dobro utvrđena), odnosno FLRW modeli su FLRW modeli samo ako su sva astronomska opažanja, svih fundamentalnih promatrača, izotropna u svako vrijeme, a to nadalje implicira

³⁰² Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 346–347. Vidi i: Gamow (1998), 58.

³⁰³ Usp. Hwang (2012), 65.

³⁰⁴ Jaakkola (1989), 16.

³⁰⁵ Zbog toga razloga netom citirani autor u istom članku tvrdi kako KP još uvijek nije u potpunosti realizirano.

³⁰⁶ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 346.

³⁰⁷ Mpc ili megaparsek (jedinica za duljinu).

³⁰⁸ Usp. Vujnović (2010), 234.

prostornu homogenost³⁰⁹. Spomenuta se obilježja univerzuma odnose na velike skale – oko 100 Mpc ili više³¹⁰.

Suvremeni kozmolozi smatraju da je KP tzv. sretna okolnost (*lucky break*) i mišljenja su da se KP može smatrati sasvim dobro empirijski utemeljenim na velikim skalama, tj. u kontekstu opažanju dostupnog univerzuma. KP smatraju sretnom okolnošću zbog najmanje tri razloga:

- matematički daje elegantno rješenje za metriku prostor-vremena;
- postoje impresivni matematički teoremi o relacijama s drugim principima koji predlažu na koji način bi se moglo empirijski utemeljiti KP;
- u području univerzuma koje je dostupno opažanju KP je dosta dobro empirijski potvrđen³¹¹.

No, izotropija i homogenost su obilježja velikih skala i u tom je smislu razumljivo da se KP ne uklapa u pokušaje opisa našega univerzuma na malim skalama. Na mikro razinama izotropija i homogenost nisu primjetne. Univerzum na malim skalama nije ni izotropan ni homogen i upravo je u tom smislu narav homogenosti iznimno zagonetna³¹². Narav homogenosti je važno pitanje, tim više jer, iz filozofijske perspektive gledano, KP predstavlja „princip“, tj. logičku tvrdnju koja između objekata drugih znanosti određuje objekt kozmologije – predstavlja uvjet kozmologije. KP je, dakle, nužan i dovoljan uvjet objekta kozmologije koji ovoj znanosti daje jedinstven položaj među drugim znanostima³¹³.

Uz to, ako KP vrijedi to ima izravan utjecaj na strategiju i metodologiju istraživanja u suvremenoj kozmologiji. U kojem smislu? Naime, KP zadire u jednu od temeljnih problematika suvremene kozmologije, u mogućnosti ili nemogućnosti ekstrapolacije podataka s raznih razina (odnosno iz različitih okruženja). Dakle, ako je KP tvrdnja koja zaista vrijedi »jednako relevantni, a pouzdaniiji kozmološki podatci mogu biti generirani iz bližih objekata. Svako lokalno okruženje je kozmološko«³¹⁴. Iako je takav scenarij vrlo poželjan, ipak KP je još uvijek filozofijski princip, tj. tvrdnja koja se tek treba empirijski ispitati. Ako se KP ne treba ispitati,

³⁰⁹ Vidi: Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 201–203, 348–349.

³¹⁰ Usp. Ryden (2006), 11–14; Clark (1999), 54–56.

³¹¹ Usp. i detaljnije Butterfield (2014), 61–62.

³¹² Usp. Mukhanov (2005), 3–4.

³¹³ Usp. Jaakkola (1989), 28.

³¹⁴ Jaakkola (1989), 30.

tada treba redefinirati kriterije znanstvenosti, a to je opasno traženje; a ako se KP ne može empirijski utvrditi tada suvremenu kozmologiju ne možemo odrediti kao isključivo empirijsku disciplinu. Dakle, možemo zaključiti da upravo KP kao jedan od dva teorijska temelja suvremene kozmologije otkriva narav suvremene kozmologije i upućuje na zaključak o njezinoj filozofičnosti – očito, suvremenu kozmologiju treba shvatiti šire.

Uzeto u cjelini, u odnosu na KP kao temelj suvremene kozmologije, otvara se niz pitanja potrebnih filozofijske i znanstvene pozornosti:

- zašto univerzum na svim razinama nije ni homogen ni izotropan? Odnosno, zašto je univerzum uopće homogen ili izotropan na velikim skalama?
- Je li univerzum izvan dometa naših opažanja zaista homogen odnosno izotropan? Naime, raspon opažanja pokriva tako malen dio univerzuma pa je riskantno pretpostaviti da je riječ o valjanom uzorku³¹⁵.
- Možemo li uopće govoriti o homogenoj i izotropnoj raspodjeli tvari u opažanjima dostupnom području s obzirom na to da je poznato da se SKM suočava s tim pitanjima u sljedećim oblicima:
 - „paradoks izotropije“ koji kaže da izotropija na velikim skalama ne može biti objašnjena SKM-om već da mora biti pretpostavljena kao početni uvjet;
 - „paradoks nehomogenosti“ koji u pitanje stavlja jednu od temeljnih postavki SKM-a koja kaže da je Hubbleov zakon posljedica homogene raspodjele tvari³¹⁶.
- Kakav je odnos evolucije (na brojnim razinama razvoja novih elementa, ali i struktura univerzuma) i homogenosti odnosno izotropije³¹⁷?
- Kako uopće definirati termin „velike skale“ na kojima bi KP trebalo vrijediti? U tom smislu, kakav je odnos velikih skala i svega onoga ispod i iznad, fizikalno i filozofijski?

Tako postaje razvidno da je uistinu potrebno uložiti u razvoj filozofije kozmologije te da je za razumijevanje suvremene kozmologije glede KP potrebno na umu imati sljedeće:

³¹⁵ Usp. Butterfield (2014), 63.

³¹⁶ Usp. i detaljnije Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 24.

³¹⁷ Vidi: Jaakkola, 1989.

- suvremena kozmologija shvaćena isključivo kao empirijska disciplina ne može zahvatiti svoj predmet u cjelini te se i ne može računati na neko testiranje, odnosno adekvatno empirijsko utemeljenje KP. Jednostavno rečeno, s povećanjem skale smanjuju se mogućnost i preciznost naših testiranja i predviđanja.
- »Teorijski, bez KP, fizikalna kozmologija postaje matematički previše komplicirana«³¹⁸.
- S druge strane, FLRW modeli, upravo »zbog tih točnih simetrija, ta prostor-vremena ne mogu biti realistični modeli promatranog univerzuma: oni ne reprezentiraju ni jednu od nehomogenosti vezanu uz astronomske strukture koje vidimo oko nas«³¹⁹. Iako postoje pokušaji izrade realističnijih kozmoloških modela ostaje činjenica da će uvijek ostati riječ samo o nekom postotku jer će modeli po naravi uvijek ostati idealizacije.
- KP »ima bitan utjecaj na interpretaciju rezultata opažanja, pa čak i na strategiju opažanja«³²⁰.

Na temelju iznesenog možemo zaključiti da utemeljenje kozmologije na KP još uvijek predstavlja otvoreno pitanje s obje strane, sa znanstvene i s filozofske³²¹. Naime,

- znanstveno gledano, u okviru koji suvremena kozmologija može zahvatiti, treba ponuditi dodatne empirijske potvrde i razviti prikladna testiranja;
- filozofijski gledano, potrebno je razjasniti temeljne pojmove kojima se znanost služi, a pertinentni su i za suvremenu kozmologiju i za razumijevanje suvremene kozmologije.

Tako, štoviše, postaje razvidno da suvremena kozmologija svoje utemeljenje može samo provizorno podijeliti na teorijsko i empirijsko. Naime, iako je neupitno postojanje signifikantne razine empirijskoga utemeljenja, ipak suvremena kozmologija ne može ponuditi „čisto“ empirijski odgovor na pitanja kozmosa. Nakon svega rečenog bilo bi to neobično i očekivati. Dakle, možemo zaključiti da uvid u teorijske temelje suvremene kozmologije otkriva da suvremenu kozmologiju ne možemo razumjeti kao isključivo empirijsku disciplinu, odnosno, suvremena kozmologija je iznimno filozofična i treba je shvatiti šire – i zbog naravi njezina predmeta i zbog metoda koje ima na raspolaganju za istraživanje vlastita predmeta. Ipak, treba

³¹⁸ Hwang (2012), 65.

³¹⁹ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 201. Postoje pokušaji izgradnje „realističnijih“ FLRW modela no „realističniji“ ne znači „realan“. Uz to, kako se smatra, FLRW modeli su unatoč visokim simetrijama dobre aproksimatizacije onoga što promatramo. Vidi: Isto.

³²⁰ Hwang (2012), 65.

³²¹ Usp. Butterfield (2014), 65.

pobliže pogledati na kojim se empirijskim stupovima temelji suvremena kozmologija i ispitati koliki je značaj filozofije za samo empirijsko utemeljenje suvremene kozmologije. Tim se pitanjima posvećujemo u nekoliko sljedećih poglavlja.

4. Empirijski temelji suvremene kozmologije

Tehnološki razvitak koji je trajao nekoliko stoljeća drastično se ubrzao tijekom XX. st. Naglo je došlo do povećanja količine podataka i točnosti opažanja te je kozmologija ušla u svoje tzv. „zlatno doba“³²². Sve je to omogućilo suvremenoj kozmologiji uvrštavanje među empirijske discipline. Smatra se da suvremena kozmologija status empirijske discipline ostvaruje na dva načina. Prvo, uporabom znanstvene metode, čija će se obilježja i problematika tematizirati i u ovom radu, i drugo, empirijskim utemeljenjem vlastitih teorija, odnosno modela. Upravo su empirijske potvrde (opažanja), Hubbleov zakon, odnosno širenje univerzuma (i ubrzanje tog širenja), nukleosinteza Velikoga praska³²³ te KMPZ, SKM-u osigurale status trenutno najboljeg modela univerzuma³²⁴.

Ipak, određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline s razlogom se dovodi u pitanje. Naime, ukoliko su empirijski podatci neupitne činjenice, utoliko je neupitna činjenica i posebnost „predmeta“ suvremene kozmologije. Odnosno, napetost između lokalne fizike i globalnog konteksta te još uvijek brojne nepoznanice, ali i nedovoljno cjelovito empirijsko utemeljenje podiže cijeli niz nesigurnosti i pitanja, i iz znanstvene i iz filozofijske perspektive. Uz to, upravo te nejasnoće i necjelovito empirijsko utemeljenje od suvremene kozmologije traže da se okrene tzv. filozofijskim odabirima i ukazuju na potrebu da se suvremena kozmologija shvati šire ukoliko se želi približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa. Stoga u ovom poglavlju iznosimo temeljna obilježja empirijskog utemeljenja suvremene kozmologije kako bi se steklo uvid u znanstvena i filozofijska pitanja koja se pojavljuju u odnosu na to empirijsko utemeljenje.

³²² Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 9. Vidi i: Kragh (2007a), 249–250.

³²³ Dalje: NVP.

³²⁴ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 9–17; Taylor (2013), 24–25; Liebscher (2005), VI; Mosterin (2000), 224. Ali i npr. Prokhorovnik (1985), 3, 7.

4.1. Hubbleov zakon – širenje svemira

Neupitno je da je jedan od važnijih trenutaka u povijesti kozmologije trenutak potvrde ideje o širenju univerzuma. Naime, »kada su opažanja u pitanju, općenito je prihvaćeno da suvremena kozmologija počiva na dva temeljna otkrića, prvo, onom širenja univerzuma iz 1929., i drugo, kozmičkoga mikrovalnog pozadinskog zračenja iz 1964. godine«³²⁵. Tema ovog poglavlja je prva potvrda koja kaže:

Zemlja se giba oko Sunca, sa Suncem se giba među bližim zvijezdama u smjeru zvijezda Herkula, a s mnogo većom brzinom sa Suncem giba oko centra Galaktike. Skupovi galaktika međusobno se razmiču; brzine udaljavanja razmjerne su udaljenosti: to je ekspanzija svemira³²⁶.

Bila su potrebna desetljeća kako bi ova nama jednostavno sročena i u potpunosti razumljiva tvrdnja bila izrečena. Naime, ni prvi ni drugi spomenuti empirijski temelj suvremene kozmologije nije detektiran nekim direktnim opažanjem već su postali otkrića procesom u kojem teorija nije bila ništa manje važna od opažanja³²⁷. U tom smislu potvrda širenja svemira značila je napuštanje modela statičnog univerzuma, beskonačnog u prostoru i vremenu. No, ta je potvrda ujedno razriješila jedan od najstarijih kozmoloških paradoksa tzv. *Olbersov paradoks*, te omogućila formiranje novih i drugačijih hipoteza, teorija i modela univerzuma koji su u konačnici rezultirali SKM-om. Ipak, pitanje širenja svemira još uvijek je otvoreno pitanje i u znanstvenom i filozofijskom smislu. Zašto? Zbog toga što tvrditi da se svemir širi znači istovremeno pitati kako, odakle, kamo, kojom brzinom, ali i zašto? A taj niz pitanja nesumnjivo nadilazi mogućnosti davanja nekog isključivo empirijski utemeljenog odgovora. No, zašto su takva pitanja važna za suvremenu kozmologiju kao empirijsku disciplinu? Važna su zbog toga što za suvremenu kozmologiju nije dovoljno samo utvrditi da se svemir širi. Naime, budući da je u filozofiji, matematici, fizici i brojnim drugim disciplinama odavno poznato da malo odstupanje od istine, odnosno, mala zabluda ili mala pogreška u početku biva velikom na kraju³²⁸, možemo zaključiti da poznavanje i razumijevanje uzroka, svojstava, načina i brzine širenja univerzuma uvelike utječe na razumijevanje dinamike univerzuma, njegova razvoja i

³²⁵ Kragh (2007a), 139.

³²⁶ Vujnović (2009), 64.

³²⁷ Usp. Kragh (2007a), 139.

³²⁸ Naime, već je Aristotel u djelu *O nebu* istaknuo »ukoliko i malo odstupanje od istine u daljnjem razvoju postaje hiljadu puta veće«. Aristotel (2009) 271b 10. Tu značajnu tvrdnju ponovio je i Toma Akvinski na početku svog djela *O biću i biti*, usp. Akvinski (2005a), 126. No, možda se baš u kontekstu suvremene znanosti, koja se izražava jezikom matematike, najbolje uočavaju posljedice tzv. „male pogreške“. Naime, čini se da se „mala pogreška“ na koncu uistinu pretvara u „veliku granicu“ znanosti i to u kontekstima znanstvene predikabilnosti, preciznosti početnih uvjeta i računalne preciznosti. Usp. Golub & Paar (2008), 17–42.

geometrije jer takvi detalji mogu odigrati krucijalnu ulogu u odabiru nekog budućeg modela. To nas pak dovodi do zaključka da suvremena kozmologija o širenju svemira može govoriti isključivo ukoliko u obzir uzme i rezultate istraživanja drugih znanstvenih disciplina, ali i filozofiju.

Koliko je opravdan istaknuti zaključak postaje očito uvidom u ono što podrazumijeva ideja širenja svemira. Naime, da bi uopće došlo do razvijanja ideje širenja svemira bio je potreban cijeli niz svojevrsnih prethodnica koje, iako o njima danas znamo jako puno, još uvijek predstavljaju otvorena područja znanstvenog i filozofijskog istraživanja. Riječ je o sljedećim, međusobno isprepletenim i gotovo neodvojivim, područjima istraživanja koja se nalaze među sastavnicama svakoga kozmološkog modela, a važna su za razvijanje ideje širenja svemira: pokušaj razumijevanja svojstava odnosno građe zvijezda, pokušaj određenja ustroja velikih struktura, razvijanje metoda mjerenja udaljenosti astronomskih objekata, uočavanje i razumijevanje crvenog pomaka i u konačnici preciziranje Hubbleova zakona.

4.1.1. Razumijevanje svojstava zvijezda

Za razumijevanje svojstava, odnosno građe zvijezda, zaslužna je spektralna analiza koja predstavlja jednu od temeljnih metoda suvremene astrofizike. Spektralnom analizom pribavljamo brojne podatke koji nam omogućuju uvid u građu svemirskih tijela i zahvaljujući spektralnoj analizi danas puno toga znamo o građi zvijezda. No znati puno toga ne znači znati sve, a baš to malo, ako je uopće u kontekstu astronomskih veličina moguće upotrebljavati takav pojam, može iznimno promijeniti sliku svijeta ili postati velika teškoća – nije li 10^{-43} s iznimno mala veličina iznimno velikoga problema suvremene fizike? U tom smislu još uvijek je veliko pitanje koliko dobro poznajemo svojstva, tj. građu svih sastavnica univerzuma? Naime, poznavanje svojstava univerzuma jedna je od ključnih sastavnica za (ispravno) razumijevanje širenja svemira, ali i za razumijevanje druga dva empirijska stupa suvremene kozmologije, NVP i KMPZ. Dakle, to pitanje je sasvim legitimno i potrebno te predstavlja jedno od otvorenih pitanja SKM-a. Štoviše, znamo li da svojstva svih sastavnica univerzuma imaju utjecaj na trenutna, ali i na planiranje budućih mjerenja, postaje jasno koliko je važno dobro i potpuno poznavanje i razumijevanje svih sastavnica univerzuma.

4.1.2. Ustroj velikih struktura

Kao i nekoć tako i danas informacije o ustroju objekata u univerzumu predstavljaju pertinentne sastavnice za oblikovanje kozmoloških teorija, odnosno modela. Pokušaj određenja ustroja (populacija) Galaksije Mliječne staze (ili Kumova slama), odnosno velikih struktura (skupova (*cluster*) i superskupova (*supercluster*), još je jedna takva nužna i pertinentna sastavnica SKM-a, ali i prethodnica za razumijevanje širenja svemira. Više je razina na kojima se očituje značaj ove sastavnice, a stoga i više razina na kojima su otvorena nova znanstvena i filozofijska pitanja:

- danas je poznato da Galaksija sadrži »pojedinačne zvijezde, skupove zvijezda, međuzvjezdano difuzno sredstvo, nakupine odnosno oblake ioniziranog plina«³²⁹ i pokazuje izrazitu unutarnju organizaciju. No, poznato je i to da je Galaksija bila formirana, da se razvija i mijenja te da je njezina građa poznata samo djelomično. Odgovori na pitanje o ustroju objekata u univerzumu, naravno, traže se i u drugim galaksijama, odnosno među podacima o njihovim svojstvima, starosti, rasporedu i međusobnim položajima. Ali kako je slučaj s našom Galaksijom, tako je i sa svima drugima, može se tvrditi i puno i malo toga. Naime, kako ističe Vujnović, galaksije se smatraju osnovnim, gravitacijski povezanim, građevnim elementima univerzuma, ali

Znanost je daleko od toga da može tvrditi kako je o galaksijama sve poznato. Poznate su mnoge zakonitosti kojima je podvrgnuta svemirska materija – ali čim se malo bolje istraže, pojavljuju se nova pitanja i nedoumice. Poznato je mnogo o sastavu galaksija – o njihovoj unutarnjoj građi, pretvorbama, međudjelovanjima pojedinih dijelova, ali znanost oprezno zastaje kada treba rastumačiti zašto se u mirnom razvoju odjedanput pojavljuju nagle promjene, zašto se u nekom dijelu istaknutog središta pojavljuju mlade zvijezde velike mase, zašto iz središta galaksija teku mlazovi plina visoke temperature, ili otkud pristižu plinovite mase koje iz okoline padaju na galaksiju?³³⁰.

Dakle, galaksije i njihova građa još su uvijek ne jedno već stotine otvorenih pitanja, a odgovori na ta pitanja mogli bi razviti brojne iznenađujuće hipoteze.

- Istraživanja rasporeda skupova galaksija došla su do neočekivanih predodžbi o njihovu rasporedu, odnosno do spoznaje da se skupovi formiraju u superskupove. Tako postaje razvidno da se tijela udružuju u zajednice, a to pak izravno govori o nejednolikoj ispunjenosti prostora s tvari – najvjerojatnije je riječ o ostatku nehomogenosti iz ranog doba univerzuma, a to nas na više načina vraća na promišljanje o KP.

³²⁹ Vujnović (2010), 157.

³³⁰ Vujnović (2010), 209.

- Sljedeće pitanje koje izrasta u ovom kontekstu jest: koja su fizikalna svojstva voida (praznine)? Sigurno je da su posebna, kakva to ne znamo, ali znamo da »kao što je pri proučavanju međugalaktičkog prostora iznenađujuće bilo otkriće visokotemperaturnog plina, tako se mogu očekivati iznenađenja tijekom istraživanja voida«³³¹.
- Nadalje, kada se detaljnije pogleda distribucija galaksija vidljivo je da je obrazac skiciran distribucijom galaktika [je] jako složen. Galaktike nisu distribuirane uniformno, a ni nasumično. Umjesto toga one zacrtavaju grupe i grozdove od tisuća članova. Te grozdove spajaju niti, ili strune, galaktika, a između njih postoje zidovi, ili plohe galaktika. Objašnjenje podrijetla tog obrasca pokazalo se iznenađujuće teško³³².

Pretpostavka je da se odgovor nalazi u scenariju hladne³³³ tamne tvari. No tamna tvar (zajedno s tamnom energijom) još uvijek predstavlja veliku zagonetku suvremene kozmologije. U tom smislu, jer je izravno vezano uz sva tri empirijska temelja, ovo pitanje za SKM predstavlja jedno od zahtjevnijih i možda najosjetljivijih pitanja³³⁴.

4.1.3. Metode mjerenja udaljenosti

Razvijanje metoda mjerenja udaljenosti astronomskih objekata, uz navedeno, danas ima nezamjenjivu ulogu u razvoju kozmoloških teorija, odnosno u prikupljanju empirijskih podataka. Formula uspjeha je i u ovom kontekstu iznimno jednostavna, a glasi što točnija metoda, to točniji (precizniji) podatci, a time i preciznije poznavanje univerzuma i njegovih zakonitosti te *ipso facto* kvalitetniji model. Razvoj metoda mjerenja udaljenosti, astronomskih mjerenja, ima dugu povijest u kojoj su jedan od važnijih koraka za opazajnu kozmologiju napravili Henrietta Swan Leavitt i Harlow Shapley. Naime, Leavitt je 1908. pokazala da se promjenljive zvijezde tzv. cefeide mogu koristiti za mjerenje relativnih udaljenosti objekata, a Shapley (1918.) je tu spoznaju upotrijebio za razvoj metode mjerenja galaktičkih udaljenosti, odnosno »osigurao je astronomima praktičan način korištenja cefeida kao standardnih svijeća«³³⁵. Koliko je Shapleyev rad i doprinos bio bitan otkriva činjenica da se njegova slika Mliječne staze zadržala do danas. Danas se za mjerenje udaljenosti kao uporišna metoda, kojom

³³¹ Usp. i citat Vujnović (2010), 221.

³³² Taylor (2013), 37.

³³³ Ideja se još uvijek ispituje, ali to je za sada najbolji model.

³³⁴ Vidi: Smeenk (2013), 9–10.

³³⁵ Usp. i citat: Kragh (2007a), 115. Inače, pod terminom „standardna svijeća“ podrazumijeva se »skup astronomskih tijela koja imaju isti intrinzični sjaj – baš kao što možemo rabiti prividan sjaj svjetlosne žarulje poznate vatne snage kako bismo procijenili njezinu udaljenost, sjajnija ako je bliže i bljeđa ako je udaljenija. Jedini je problem onda naći takvu standardnu svijeću«. Taylor (2013), 48.

se premošćuje udaljenost od naše galaksije do drugih galaksija, uzima metoda cefeida i RR Lyrae jer su pulsirajuće promjenjive zvijezde provjereni indikatori udaljenosti. S obzirom na to da se metoda upotrebljava do one udaljenosti do koje se vide promjenjive zvijezde i dokle se može odrediti krivulja sjaja, od maksimuma do minimuma, da se dospije do udaljenih galaksija, treba detektirati objekte sjajnije od cefeida. Jedno od rješenja je uporaba zvijezda tijekom eksplozije, tj. nove i supernove. No, zbog nesigurnosti procjene koju uzrokuje više faktora (npr. sve nove ne postižu isti vršni sjaj) nove se ne upotrebljavaju neovisno za određenje udaljenosti već jedino za provjeru udaljenosti koje su određene pomoću drugih metoda. Riječ je naravno o statističkim metodama. A statističke metode, imajući na umu empirijsku točnost, ne mogu izbjeći neki stupanj statističke pogreške, a posljedice toga nije potrebno dalje obrazlagati³³⁶. Dodatni je pomak napravio upravo Edwin Hubble promatrajući udaljenost galaksija u kojima je, pogrešno vjerujući, opazio sjajne zvijezde i odredio sjaj HII područjima³³⁷. Naime, »HII područja su sjajnija od pojedinačnih zvijezda jer sadržavaju skupinu mladih, sjajnih zvijezda. Upravo su HII područja upotrijebljena do danas poput standardnih svijeća«³³⁸. No, osobito se bitan (i za SKM) pokazao podskup supernova tipa Ia³³⁹. Taj se podskup pokazao kao izrazito homogen uzorak pa se smatra kako se pomoću njega može najtočnije ustanoviti kinematičko stanje univerzuma (do udaljenosti od 2,5 Gpc³⁴⁰). U slučaju supernova vrijedi ista napomena kao i kod nova: ne mogu poslužiti kao isključivo mjerilo udaljenosti³⁴¹. No, upravo se supernove tipa Ia koriste za mjerenje svojstava širenja univerzuma i rezultati pokazuju da su »supernove tipa Ia bljeđe nego što se očekivalo za njihov crveni pomak«³⁴². Odnosno, noviji podatci »pokazuju da univerzum ima FLRW geometriju, da se širi sporije na većem crvenom pomaku nego u blizini: ekspanzija se ubrzava. To zahtijeva 'tamnu energiju' [...] Prema tome tamna energija je središnje pitanje današnje kozmologije i veliki problem teorijske fizike³⁴³. Tako postaje razvidno koliki je značaj razumijevanja, a ne samo detektiranja širenja univerzuma.

³³⁶ Usp. Vujnović (2010), 214.

³³⁷ Usp. Liebscher (2005), 15. HII područja ili oblaci ioniziranog vodika.

³³⁸ Vujnović (2010), 215.

³³⁹ Inače, supernove su nuklearne eksplozije zvijezda na koncu njihova života, a globalno se razlikuju Tip II i Tip I kod kojeg se razlikuju tip Ia i Ib, i dok potonja vrsta dosta varira, vrsta Ia izgleda uniformna. Usp. i detaljnije Taylor (2013), 48–49.

³⁴⁰ Gpc odnosno gigaparsek.

³⁴¹ Usp. Vujnović (2010), 215.

³⁴² Taylor (2013), 51.

³⁴³ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 11.

4.1.4. Crveni pomak

Termin „crveni pomak“ još je jedan od termina koji su sastavni dio svakodnevnoga diskursa suvremene kozmologije. Iako, kako smo vidjeli, ideja širenja svemira nije bila odmah prepoznata ni prihvaćena, činjenica je da je već američki astronom Vest Melvin Slipher³⁴⁴ u razdoblju između 1912. do 1920. primijetio da svjetlost s nebula koje je promatrao izgleda pomaknuta prema crvenom kraju spektra³⁴⁵, a uzrok je pronašao u Dopplerovom učinku³⁴⁶. Ali priroda nebula koja je i danas nepoznanica, za Sliphera je to bila još i više, a bila je i njihova udaljenost. Naime, ako su nebule neke druge galaksije poput naše, onda su na velikim udaljenostima od nas i univerzum je iznimno velik?³⁴⁷. Odgovor na to pitanje i potvrda Slipherovih slutnji o širenju svemira došla je upravo od E. Hubblea. Ali ostalo je pitanje: je li Dopplerov učinak uistinu uzrok crvenoga pomaka?

4.1.5. Hubbleov zakon

U godinama koje su slijedile Edwin P. Hubble je izradio klasifikacijsku shemu galaksija i odlučio utvrditi koliko su galaksije udaljene. Tako je 1924. riješio problem nebula i veličine prostora. Naime, postalo je očito da postoje galaksije izvan naše, a time je pak postalo jasno da je univerzum iznimno velik. Uspoređujući vlastite procjene udaljenosti galaksija s crvenim pomacima što ih je zabilježio Slipher (u suradnji s Milton Humasonom) Hubble je 1929. uočio linearni odnos između udaljenosti galaksija i brzine njihova udaljavanja (crveni pomak se povećava s udaljenošću). Taj se odnos danas naziva Hubbleov zakon, dok je konstanta proporcionalnosti između udaljenosti i brzine kasnije nazvana Hubbleovim parametrom. S obzirom na to da su do tada Aleksandar Friedman i George Lemaître svojim radom nagovijestili da univerzum mora biti dinamičan, odnosno šireći ili stežući, Hubbleova zapažanja su postala empirijski temelj novih kozmoloških ideja odnosno modela³⁴⁸.

³⁴⁴ Samouki stručnjak za spektroskopiju koji je cijelu svoju istraživačku karijeru od 1901. do 1952. proveo na opservatoriju Lowell, Flagstaff, Arizona. Usp. i detaljnije: Kragh (2007a), 116–117.

³⁴⁵ Crveni pomak je posljedica udaljavanja izvora elektromagnetskih valova; pomak spektralnih linija svjetlosti, tj. povećanje valnih duljina prema crvenom dijelu spektra. Detaljnije vidi: Clark (1999), 51–53.

³⁴⁶ Dopplerov učinak, efekt ili pomak je promjena frekvencije valova pri relativnom gibanju izvora odnosno promatrača. Detaljnije (o samom efektu, učincima relativnosti i opservacijskim efektima) vidi: Clark (1999), 48–51.

³⁴⁷ Usp. Taylor (2013), 19–20.

³⁴⁸ Usp. Clark (1999), 53–54; Taylor (2013), 20.

4.1.6. Otvorena pitanja

Na temelju istaknutog (glede niza sastavnica) možemo zaključiti da je pitanje širenja univerzuma iznimno složeno pitanje na koje se ne može odgovoriti isključivo opažanjima. U tom smislu postoje barem dvije linije na kojima se suvremena kozmologija, uz sva navedena pitanja, suočava s nedorečenošću ovog empirijskog temelja:

- Uočenom pojavom pitanje uzroka same pojave ne biva odgovoreno, a očito je da sadržaj odgovora ima signifikantne posljedice za kozmološku teoriju.

U ovom kontekstu suvremena kozmologija se, kako smo vidjeli, suočava s više pitanja o naravi pojava, npr. što je uzrok formiranja (i koja su obilježja razvoja) velikih struktura, što je uzrok homogenosti i slično, a jedno od tih pitanja je i narav crvenoga pomaka. Naime, uobičajeno je pomak spektralnih linija zvijezda tumačiti Dopplerovim učinkom³⁴⁹, no opažanja nama potvrđuju »da se crveni pomak ugrubo povećava proporcionalno udaljenosti, ali nam ne kažu da je crveni pomak uzrokovan Dopplerovim učinkom ili kozmološkim širenjem«³⁵⁰. Štoviše, u kontekstu rasprave o prirodi crvenoga pomaka, koja nije nimalo nevažna jer KP implicira i zahtijeva širenje ili kontrakciju Hubbleovog oblika³⁵¹, naglašava se da postoji više mogućih mehanizama, tj. uzroka kozmološkog crvenog pomaka. Među kojima su: ekspanzija prostora, Dopplerov efekt, gravitacijski efekt i efekt zamorene svjetlosti³⁵². Ali i istaknuti prijedlozi otvaraju nova pitanja kao:

- Mijenjaju li se svojstva galaksija s udaljenošću?
- Kako udaljenost utječe na svojstva prostora?
- Koliko distribucija i svojstva materije utječu na crveni pomak?³⁵³
- Preciznost, odnosno nepreciznost izračuna parametara ima posljedice na razumijevanje dinamike univerzuma i odabir modela.

Naime, »konstanta razmjernosti između udaljenosti i brzine, H , Hubbleova konstanta, nema općenito prihvaćenu vrijednost. [...] Razlog neodređenosti je kulminiranje sustavnih pogrešaka u ulančanome nizu metoda mjerenja udaljenosti«³⁵⁴. Dakle, s

³⁴⁹ Vidi: Vujnović (2010); 215.

³⁵⁰ Hwang (2012), 65.

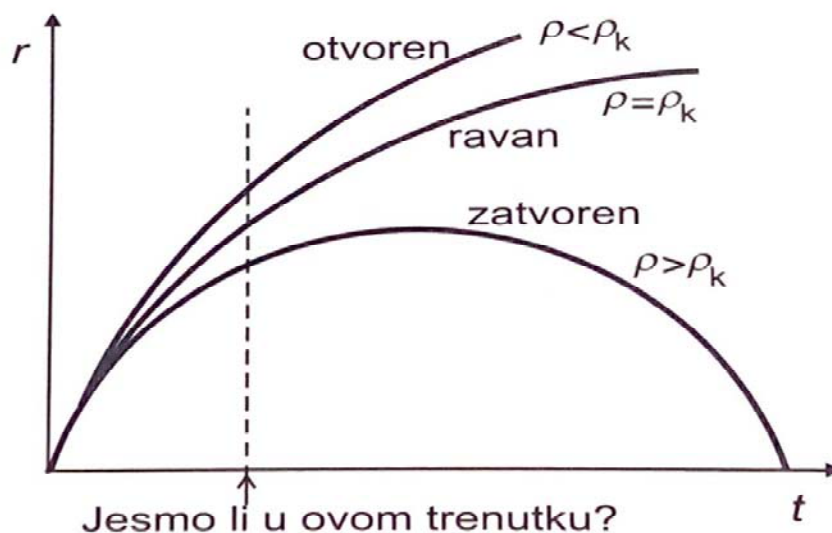
³⁵¹ Detaljnije o posljedicama navedenoga za odabir modela i mogućnostima koje se otvaraju napuštanjem ideje homogenosti i izotropije vidi: Smeenk (2013), 3–6.

³⁵² Usp. Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 7.

³⁵³ Vidi: Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 7–10; Vujnović (2010), 2016; Hwang (2012), 65–66.

³⁵⁴ Vujnović (2010), 216.

obzirom na to da je dinamika univerzuma usko povezana s njegovom geometrijom točan izračun Hubbleove konstante, i sigurnost kojom je ustanovljena prosječna gustoća stvarnog univerzuma (što je još jedno otvoreno pitanje suvremene kozmologije), pokazuje se krucijalnim za odluku koji je model prostor-vremena vrijedeći, odnosno za odluku u kakvom univerzumu mi živimo (vidi dijagram 1.)³⁵⁵.



Dijagram 1. Oblik prostor-vremena (njegova zakrivljenost) ovisan je o brzini širenja svemira.

Kada je brzina ekspanzije jednaka brzini oslobađanja, a gustoća svemira [...] jednaka kritičkoj gustoći ρ_k , prostor je zakrivljen. Prostor je beskonačan što znači da ima beskonačan volumen i da sadržava beskonačnu masu. Razmak dviju točaka r mijenja se s vremenom $[t \dots]$ taj ćemo prostor usporediti s ravninom, kao njegovom dvodimenzionalnom analogijom. Ravnina se, očito, pruža u beskonačnost. Prostor se naziva ravni. [...] Ako je] brzina ekspanzije manja od brzine oslobodjenja [...] a] prosječna gustoća svemira veća od kritične gustoće ρ_k . Prostor je u tom slučaju zakrivljen. [...] Prostor je zatvoren sam u sebe. Kako je površina sfere konačna, i taj je zatvoreni prostor konačan, konačnog volumena pa stoga i sadržava konačnu masu. [...] Treća je mogućnost da brzina ekspanzije bude veća od brzine oslobodjenja. Gustoća je manja od kritične, kinetička energija tijela veća od potencijalne gravitacijske energije, tijela se beskonačno razmiču. Svemir se beskonačno širi. Prostor je hiperbolan [...] Svemir je otvoren, beskonačnog volumena i mase³⁵⁶.

4.2. Nukleosinteza Velikoga praska

Drugi empirijski temelj SKM-a je NVP koja predstavlja još jedan vid suvremene kozmologije kojim se pokušava upoznati sadržaj i razvoj brojnih sastavnica univerzuma. Sam pojam „nukleosinteze“ upućuje na to da je riječ o istraživanju nastanka novih atomskih jezgri, odnosno

³⁵⁵ Usp. Vujnović (2010), 236–237. Vidi i: Liebscher (2005), 15–16.

³⁵⁶ Dijagram 1. i citat preuzeti od: Vujnović (2010), 236–237.

o pokušaju razumijevanja sinteze atomskih jezgri, od razumijevanja strukture samih atoma do formiranja kemijskih elemenata u prirodi. U tom smislu razlikujemo:

- prvotnu nukleosintezu lakih elemenata koja se odvijala u ranom univerzumu, tj. neposredno nakon velikoga praska;
- i nukleosintezu koja se u kasnijoj povijesti univerzuma odvijala u zvijezdama.

I jedan i drugi vid su iznimno značajni za razumijevanje univerzuma i procesa koji se odvijaju u njemu.

Način na koji se dolazi do podataka iz kojih se zaključuje o procesima i obilježjima nukleosinteze možemo podijeliti u tri grupe (počevši od najznačajnije):

- sastav našeg Sunčevog sustava;
- eksperimenti nuklearnih reakcija;
- te teorijski okviri (imajući na umu ograničenja laboratorijskih uvjeta).

Priča o nukleosintezi započela je upravo tvrdnjom da se svemir širi. Naime, ako je točna pretpostavka da se svemir širi sasvim prirodno se pojavljuju nova pitanja. To su pitanja o početku i razvoju univerzuma. Tim su se pitanjima stoljećima bavili filozofi i teolozi. No, polovicom XX. st., nakon empirijske potvrde širenja svemira, na ta je pitanja pokušala odgovoriti i suvremena kozmologija uz pomoć TVP. Naime George Gamow je četrdesetih godina XX. st. razvio ideju (objavljenu u poznatom članku Alpher-Bethe-Gamow) prema kojoj je širenje univerzuma posljedica velike eksplozije³⁵⁷ odnosno velikoga praska³⁵⁸. Tako je prema TVP univerzum nastao iz singularnosti beskonačne gustoće i temperature koja se počela širiti prije 13,7 milijardi godina –sve što je nama danas poznato nastalo je iz tog stanja; svi oblici materije, energija, sile, prostor, vrijeme itd.

Upravo je na temelju te ideje razrađen model vrućeg početka univerzuma. Prema tom modelu u prvim trenucima univerzuma postojalo je samo

jako polje zračenja i elementarne čestice. Svjetlost i tvar bili su homogeno ispremišani i u svakom trenutku jednake temperature, kao što se događa u crnom tijelu (ravnoteža zračenja i materije). Masa sadržana u obliku zračenja bila je veća od mase sadržane u česticama, a zračenje je moglo izravno prelaziti u čestice tvari. Temperatura je brzo padala. Pri temperaturi nižoj od 10^{10} K tekle su termonuklearne

³⁵⁷ Ipak treba istaknuti kako je riječ o eksploziji koja se razlikuje od uobičajenog razumijevanja eksplozije, odnosno ovdje nije riječ o eksploziji kako ju razumijemo na zemlji.

³⁵⁸ Vidi Alpher & Bethe & Gamow, 1948.

reakcije kojima se formiraju najjednostavnije jezgre, jezgre procija $p = {}^1\text{H}$, deuterija $= {}^2\text{H}$, tricija $t = {}^3\text{H}$ i helijevih izotropa ${}^3\text{He}$ i ${}^4\text{He}$ te litija ${}^7\text{Li}$. [... No,] u vrućem svemiru nisu mogli nastati svi elementi. Nuklearne reakcije su prestale kada je temperatura pala ispod 10^8K . To se zbilo 3 minute nakon Velikog praska. Za sintezu elemenata težih od He potrebne su temperature više od 10^8K . [...] Dakle svi elementi, s različitim izotopima, nisu nastali u nekome jedinstvenom procesu, već u različitim uvjetima, u različitim vremenima, na različitim objektima i različitim nuklearnim reakcijama³⁵⁹.

Tako su, dugim procesom, u konačnici nastale zvijezde i galaksije, odnosno svemir je postao proziran i zračenje se moglo slobodno širiti – znao je to i Gamow te predvidio postojanje KMPZ. U tom smislu, poznavanje nuklearnih reakcija, naravno uz činjenicu da se u zvjezdanim središtima i danas sintetiziraju kemijski elementi, te proučavanje omjera zastupljenosti elementa u univerzumu, odnosno nađenih omjera lakih jezgra, dovelo je do (tada) zapanjujućeg otkrića da vidljiva materija, inače sastavljena od poznatih elemenata, tzv. barionska tvar, iznosi svega 4 do 5% kritične gustoće univerzuma. Danas se smatra da je proces tzv. primordijalne nukleosinteze poprilično detaljno poznat³⁶⁰. Predložen model potvrđen je:

- uočenim omjerom lakih elemenata;
- uočenim KMPZ;

te se smatra velikim uspjehom za suvremenu kozmologiju, a ujedno je i pokazatelj da se nuklearna fizika može koristiti za proučavanje ranog univerzuma³⁶¹. Možemo reći da je značaj primordijalne nukleosinteze vrlo velik, prvotno stoga što omogućava iznimno precizno određivanje dvaju izuzetno značajnih parametara za suvremenu kozmologiju, odnosno broj lakih neutrina i omjer broja bariona i fotona. Naime, smatra se kako se već na temelju »dosadašnjih nepotpunih i nepreciznih mjerenja sa sigurnošću zna da je gustoća bariona puno veća od gustoće vidljive materije (problem barionske tamne materije), ali i to da je gustoća bariona puno manja od gustoće materije dobivene dinamičkim metodama (problem nebarionske tamne materije)«³⁶².

No, je li to dovoljno? Naime, i u kontekstu NVP treba uočiti nekoliko detalja koji za suvremenu kozmologiju predstavljaju tzv. otvorena pitanja te nas još jednom usmjeravaju komplementarnom pristupu znanosti i filozofije pitanju kozmosa. Ponajprije, iz svega što smo istaknuli kroz prijašnja poglavlja očito je da se različita područja istraživanja koja tvore

³⁵⁹ Vujnović (2010), 237–238.

³⁶⁰ Vidi: Milin, 2010.

³⁶¹ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 11–12.

³⁶² Milin (2010), 59.

sastavnice SKM-a mogu samo prividno odvojiti. Pa se u tom smislu i ideja velikog praska pokazuje slojevitom, odnosno »taj postanak prolazi kroz faze kojima dominiraju potankosti svojstava konstituenata svijeta i njihovih interakcija. Jasno je stoga da rezultati jednog područja imaju posljedice i na drugom, pa će njihov budući razvoj teći u komplementarnoj zavisnosti«³⁶³. Mi pak smatramo da to pravilo vrijedi na svim razinama, pa i u smislu odnosa filozofije i znanosti. Uz to, čini se da unatoč iznimnom uspjehu TVP i potvrdama NVP sama činjenica da je proces nukleosinteze danas „poprilično detaljno“ poznat, ipak ostavlja prostor za raspravu, ali i poziva na suradnju različite pristupe – kako smo već ustvrdili, „mala razlika“ između „poprilično“ i „sasvim“ u logici je dobro poznata i značajna razlika, a u znanosti može biti iznimno velika.

Nadalje, o mogućnostima odgovora na pitanje početka univerzuma isključivo empirijskim putem uočavamo da se suvremena kozmologija suočava s cijelim nizom granica tehničke naravi te se već na temelju toga može zaključiti da čisto empirijski odgovor na pitanja početaka univerzuma, odnosno testiranja procesa koji su se dogodili u ranom univerzumu, zapravo nije moguć. Štoviše, te su granice osobito prisutne u kontekstu proučavanja ranih faza razvoja univerzuma, dakle u razdoblju NVP. To nikako ne znači da ništa nije otkriveno, upravo suprotno, sve što se otkrilo ima veliki značaj za razumijevanje univerzuma i njegovih svojstava, ali istovremeno to ne znači da ne treba propitati koji je realan domet i gdje su granice trenutnih spoznaja. Stoga, na umu treba imati nekoliko činjenica i otvorenih pitanja, odnosno područja na kojima se izravno susreću znanost i filozofija, a cjelovit odgovor zadire na oba područja. Naime, granice istraživanja se pomiču već stoljećima, ali sama granica upućuje na to da sustav sam ne može ponuditi cjelovit odgovor jer se još nešto nalazi izvan njega. U tom smislu smatramo da se znanost iza svojih granica uvijek znala poslužiti dobro utemeljenim filozofijskim rješenjima, a da tako čini i danas, osobito na području suvremene kozmologije. Poznavanje vlastitih granica dobro je za svaku disciplinu, a u kontekstu NVP vidimo da suvremena kozmologija rješenje za pitanje kozmosa ne može dati isključivo kao empirijska disciplina. Naime,

- TVP odnosno NVP ne govori ništa o samom početku univerzuma već o procesima koji se odvijaju nakon tog početka, odnosno TVP »opisuje stvaranje elemenata (doprinosi reakcija stvaranja) do $A \leq 7$ (^1H , ^2H , ^3H , ^3He , ^4He , ^6Li , ^7Li , ^7Be) i neutrone (barione) u ranome svemiru, u karakterističnom vremenu kraćem od 1. minute pa do 15. minute

³⁶³ Supek & Furić (1994), 228.

računajući od Velikog praska³⁶⁴. Pitanje početka izmiče doseg empirijskoga pristupa pitanju kozmosa i sasvim očito traži da se uvaži i neko drugačije rješenje.

- Iako je nuklearna fizika iznimno primjenjiva u istraživanju ranog univerzuma i ona se sama suočava sa svojim granicama. Naime, testiranja na tako visokim temperaturama, tj. s procesima kakvi su bili u početnom stadiju univerzuma, jednostavno nisu tehnički izvediva. To nas upućuje na isti zaključak kao i u prethodnoj točki.
- Potrebna preciznost mjerenja često nije moguća, a ponekad je to mjerenje u potpunosti neostvarivo. Naime,

primordijalne količine se ne mjere direktno, već ekstrapoliraju na temelju današnjih promatranja. Važan parametar u toj ekstrapolaciji je “metalicitet”, odnosno količina težih elemenata u danom nebeskom objektu. Ako proučavani objekt sadrži velike količine lagano uočljivih elemenata kao što su C, N, O i Fe, lako je zaključiti da je riječ o materijalu koji je bio “prerađen” u središtu zvijezde (koja je kasnije kao supernova razbacala taj materijal svemirom). Dakle, sva mjerenja prvobitnih količina lakih elemenata svode se na traženja objekata malog metaliciteta, a u kojima se dani element može identificirati (te izmjeriti njegova količina). Nažalost, objekti “nultog metaliciteta” (koji bi sadržavali netaknuti materijal nastao u ranom svemiru) za sada nisu uočeni, pa se mjerenja vrše na objektima malog metaliciteta i zatim ekstrapoliraju na metalicitet jednak nuli³⁶⁵.

Tako je razvidno da u kontekstu razumijevanja NVP postoji još puno prostora za raspravu u kojoj empirijska znanost ne može ponuditi odgovor, a zašto onda iz nje isključiti filozofiju? Ne bi li zaključak trebao biti upravo suprotan?

- No, i u kontekstu onoga što se smatra dobro poznatim još uvijek postoje određene nedoumice, pa se dakle i u ovom poznatom kontekstu još uvijek nalazimo u kontekstu koji je samo relativno dobro poznat. Npr. »u ovom trenutku postoje određene nedoumice zbog slabog poznavanja sistematičkih grešaka (^1He i ^2H), galaktičke kemijske evolucije (^3He) i zvjezdane prerade elemenata (^3He i ^7Li)«³⁶⁶.
- Na koncu, ne smiju se zanemariti ni sljedeća otvorena pitanja:
 - Postojanje kritičnih reakcija koje unose velike nepouzdanosti u procjene nekih kozmoloških parametara.
 - Problem litija (najveći neriješeni problem primordijalne nukleosinteze)³⁶⁷.

³⁶⁴ Petković (2005), 326.

³⁶⁵ Milin (2010), 56.

³⁶⁶ Milin (2010), 59.

³⁶⁷ Usp. Milin (2010), 59–60; Petković (2005), 326–327.

Na kraju, možemo reći da je poklapanje teorije i promatranja poprilično dobro za d , ^3He i ^4He , ali je loše za izotope litija, i to i u odnosu na druge izotope i u odnosu na rezultate dobivene WMAP-om. No, ako su promatrački rezultati za litijeve izotope točni, tada je to indikacija barem dvije mogućnosti, ili neke nove fizike (npr. mogle bi to biti neke teške čestice kod kojih se u raspadu pojavljuju neutroni) ili pak nekoga novog mehanizma kojim se litij uništava u starim zvijezdama. To nas pak, sa stajališta istraživanja u nuklearnoj fizici, vodi do najzanimljivije opcije koja kaže da je svemir u ranoj fazi bio izrazito nehomogen (npr. da su dijelovi svemira imali veći udio neutrona). No, u takvom bi scenariju, važan postao cijeli niz do sada nerazmatranih relacija. Za sada nema uvjerljivih indikacija da je on realističan³⁶⁸. Ali trenutno postoji i cijeli niz otvorenih pitanja u kontekstu scenarija koji se prihvaća kao realističan. U tom je smislu razvidno da i u realističnom scenariju postoji stupanj nepreciznosti, odnosno sumnje koja otvara prostor raspravi, ali i sasvim prirodno vodi do zaključaka da za razumijevanje NVP i cjelovit odgovor na pitanje kozmosa suvremena kozmologija treba uzeti u obzir i druge znanstvene discipline i filozofiju.

4.3. Kozmičko mikrovalno pozadinsko zračenje

Pružanje uvjerljivog dokaza o postojanju KMPZ često se, kako smo istaknuli, smatra pravim početkom suvremene kozmologije. Uzimajući u obzir rečeno u prijašnjim poglavljima jasno je kako takvo mišljenje nije bezrazložno. Postojanje KMPZ predvidio je G. Gamow tako što je pretpostavio sljedeće: ako je u ranom univerzumu bio toplim stanjem omogućen početak nukleosinteze, u tom su se slučaju materija i fotoni morali spajati na visokoj temperaturi i tvoriti plazmu. Hlađenjem univerzuma nakon nukleosinteze ta bi se plazma trebala razvezati te tako dopustiti formiranje atoma, a fotonima omogućiti slobodno putovanje univerzumom. Isto tako, pod pretpostavkom da se fotonima ništa ne nalazi na putu, oni bi trebali putovati sve dok ne bi udarili detektor na Zemlji. U tom slučaju, detektor bi bio jednoliko zapljuskivan zračenjem u mikrovalnom rasponu i to iz svih smjerova³⁶⁹. Preciznije rečeno, nakon velikoga praska univerzum je

proveo nekoliko minuta u stanju izvanredno brze pretvorbe raznih egzotičnih čestica i egzotičnih vrsta energije dok se nije ustalio u stanju vruće plazme koja se sastojala prvenstveno od ioniziranog vodika (dakle slobodnih protona i elektrona), nešto malo helija, i obilja fotona koji su dominirali dinamikom ranog svemira. U tom stanju svemir je proveo sljedećih 380 tisuća godina šireći se i hladeći se. [...] Tek nakon što se svemir dovoljno ohladio, na oko 4000 kelvina, elektroni i protoni se počinju vezati

³⁶⁸ Usp. Milin (2010), 60.

³⁶⁹ Usp. Taylor (2013), 25.

u atome vodika u procesu koji se naziva rekombinacija (čudan izbor riječi – to je zapravo prvo kombiniranje tih čestica u povijesti). Obzirom da su električki neutralni, atomi vodika slabo raspršuju svjetlost i u tom trenutku svemir postaje proziran [...] zamišljeni promatrač bi imao osjećaj kao da se oko njega raščistila magla. Fotoni koji u tom trenutku postoje nastavljaju se gibati slobodno sve do današnjih dana dokad su se ohladili na 2.7 kelvina. Spektar fotona te temperature je najistaknutiji u mikrovalnom području i zato se to zračenje zove kozmičko mikrovalno zračenje³⁷⁰.

Iako je riječ o zračenju jako niskoga intenziteta KPMZ je, kako se pokazalo, najdominantniji oblik zračenja u univerzumu, a otkrili su ga Arno Penzias i Robert Wilson 1964. KMPZ na neki način predstavlja prvu fotografiju svemira³⁷¹.

Iz te se fotografije danas izvlače brojni podatci o svojstvima univerzuma. Za KMPZ se mogu izdvojiti tri temeljne karakteristike:

- Gotovo savršen spektar crnoga tijela.

Ukratko, KMPZ ima:

oblik i jakost kao i spektar zračenja crnog tijela (Planckov) na temperaturi od 2,725K [...] Zračenje koje do nas dopire je prošlo u trenutku kada je univerzum postao proziran iz jedne sferne ljuske. Ako je u onom trenutku jakost zračenja bila određena temperaturom 10 000K, zbog ekspanzije sferne ljuske i Dopplerova učinka zračenje je – zadržavajući raspored Planckova spektra – izgubilo energiju i zato mu je današnja temperatura 2,725K. Pad temperature odgovara kozmičkom relativnom pomaku prema crvenome $z = 3\,700$ ³⁷².

- Iznimna izotropnost.

No u odnosu na ovu karakteristiku treba istaknuti da uočeno postojanje više vrsta prostornih fluktuacija ostavlja više otvorenih pitanja na koja najbolji odgovor trenutno nudi teorija inflacije³⁷³.

- Sadrži energijski sadržaj usporediv s onim lokalnog zračenja³⁷⁴.

Informacije koje nalazimo zapisane u KMPZ-u su sljedeće:

- Rani univerzum je homogen.
- Brzina gibanja Zemlje kroz univerzum je 371 ± 1 km/s.
- Klice stvaranja galaksija – kad kompenziramo učinak gibanja Zemlje, tj. računski ga eliminiramo sa slike i povećamo rezoluciju do razine mikrokelvina, uočavaju se

³⁷⁰ Kumerički (2013), 250.

³⁷¹ Vidi: Kumerički, 2002.

³⁷² Vujnović (2010), 239.

³⁷³ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 13; Vujnović (2010), 240.

³⁷⁴ Tri temeljna obilježja navode: Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 10.

područja različite temperature KMPZ, odstupanja od homogenosti, tj. male varijacije gustoće za koje se smatra da predstavljaju klice razvoja današnjega univerzuma. Podrijetlo tih varijacija još uvijek je upitno, a najšire prihvaćena teorija je ona u kojoj su te varijacije posljedica kvantnomehaničkih fluktuacija vakuuma. »Naime, Heisenbergov princip neodređenosti omogućuje da se u vakuumu privremeno sama od sebe pojave područja odstupanja od nulte energije. To se događa u svakom trenutku, ali odstupanja su ili vrlo mala ili se vrlo brzo međusobno poništavaju pa ih ne primjećujemo«³⁷⁵. Uglavnom se smatra da je period inflacije mogao ta područja napuhati do kozmičkih razmjera i da su tako nastale varijacije.

- Geometrija univerzuma je ravna.

Varijacije u temperaturi KMPZ-a omogućuju, među ostalim, mjerenje zakrivljenosti univerzuma. Na temelju spomenutog relativno dobrog poznavanja varijacija temperature izrađuju se simulacije te se usporedbom simulacija i realne slike dolazi do zaključka da je naš univerzum ravan do na nekoliko postotaka³⁷⁶.

- Dio univerzuma čini tamna tvar.

Danas je KMPZ svojevrsan zaglavni kamen suvremene kozmologije, odnosno SKM-a, iz kojeg se saznalo više nego iz ijednoga drugog izvora te se tako uvelike povećala preciznost mjerenih parametara³⁷⁷. U tom smislu utvrđeno je sljedeće:

- udio tamne energije u univerzumu iznosi 68.3 %
- udio nebarionske tamne tvari je 26.8 %
- udio barionske tvari je 4.9 %
- Hubbleova konstanta iznosi 68 km/s po Mpc
- starost svemira je 13.8 milijarda godina³⁷⁸.

U sveukupnosti, smatra se kako se na temelju uspjeha istraživanja KMPZ može zaključiti na dvije bitne posljedice:

- opaženo KMPZ je sukladno s hipotezom da se fizikalni zakoni nisu mijenjali kroz povijest
- potvrđena je teorija odnosno model velikoga praska³⁷⁹.

³⁷⁵ Kumerički (2002), 5.

³⁷⁶ Usp. Kumerički (2002), 6; Taylor (2013), 45–47.

³⁷⁷ Kronološki popis uspjeha postignutih temeljem KMPZ donosi: Hamilton (2014), 75–76.

³⁷⁸ Usp. Kumerički (2013), 254.

³⁷⁹ Usp. i detaljnije: Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 12.

4.3.1. Inflacija

Samo KMPZ zračenje na prvi pogled djeluje dosadno zbog svoje jednodolnosti, no kozmoloziima je bilo jasno da struktura današnjeg univerzuma nije mogla nastati iz takve jednodolnosti. U tom se smislu trebalo odgovoriti na brojna pitanja. Ponajprije, zašto je univerzum tako prazan, odnosno kolika mu je prosječna gustoća? Zatim, zašto je uopće univerzum ravan? Kako to da je uopće univerzum u svim smjerovima isti? Odakle potječu prostorne fluktuacije ako je materija u razdoblju velikoga praska bila homogena?³⁸⁰ Isto tako, poznato je da sila gravitacije može u određenoj mjeri stvarati strukturu na način da male slučajne fluktuacije gustoće pojačava i pretvara u još gušće nakupine tvari. Ali proračuni i simulacije pokazali su da univerzum nije dovoljno star, odnosno, da gravitacija nije imala dovoljno vremena za stvaranje struktura koje mi danas gledamo. Stoga se došlo do zaključka da su nužne neke tzv. klice, odnosno

neke početne nejednodolnosti gustoće uzrokovane posebnim fizikalnim mehanizmom. Kakav god taj mehanizam bio, te početne nejednodolnosti se trebaju odražavati i na CMB zračenju: na mjestima veće gustoće se zračenje gravitacijski sažima i zagrijava, a na onima drugima hladi, a te varijacije bi trebale biti vidljive mjerenjima. Kako to pomiriti sa izvanredno jednodolnom temperaturom od 2.7 K iz svih smjerova? Pa proračuni pokazuju da su za formiranje strukture svemira dovoljne klice nejednodolne gustoće koje uzrokuju da nejednodolnosti temperature CMB zračenja u vrijeme rekombinacije budu oko $1 : 10^5$ (najtopliji dijelovi svemira moraju biti za oko tisućinku postotka topliji od najhladnijih). Tako mala odstupanja, od nekoliko mikrokelvina, zaista su i opažena, po prvi put mjerenjima COBE satelita za što je dodijeljena Nobelova nagrada 2006³⁸¹.

Najbolji odgovor na istaknutu problematiku ponuđen je 1980-ih u obliku teorije kozmičke inflacije. Inflacija je period u kojem se univerzum eksponencijalno brzo širi prije nego što je postao vruć. Prema teoriji inflacije najprije je postojalo tzv. područje kvantnih fluktuacija koje se nalazi unutar tzv. Planckova vremena koje je približno jednako 10^{-43} s. Nadalje, smatra se da su u tom dobu sve sile bile ujedinjenje – gravitacija, električna i nuklearne sile.

Zatim je nastala inflacija koja je trajala oko 10^{-32} s, a za to vrijeme svemir je porastao 10^{25} . Time je svemir već na početku postao *ravan*. U tako kratkom periodu unutar malog prostora sačuvana je jednoličnost fizikalnog polja pa je i mikrovalno zračenje u visokom stupnju homogeno – a tvar, ma koliko daleko odmaknuta, međusobno slična. Male razlike u gustoći naslijeđene su iz kratkog perioda prije inflacije [...] Zbog malih razlika u gustoći, moglo je poslije doći do sažimanja tvari u odvojene galaksije i zvijezde³⁸².

³⁸⁰ Usp. Vujnović (2010), 241.

³⁸¹ Kumerički (2013), 251.

³⁸² Vujnović (2010), 241–242.

Pretpostavlja se da je u ovom periodu (točnije nešto poslije) nastala i asimetrija između količina materije i antimaterije koja je rezultirala današnjim univerzumom u kojem antimaterije ima mnogo manje nego materije i to stoga što je u njihovoj mješavini anihilacijom antimaterija potrošena. Nakon faze inflacije slijedi faza vrućeg univerzuma tijekom koje počinje postupno usporavanje širenja i hlađenje univerzuma. Tako se ulazi u fazu rekombinacije, iz koje nam i pristiže KMPZ. Tako postaje razvidno da nam KMPZ pristiže iz iznimno rane faze univerzuma, ali isto tako da postoje još ranije faze koje su nam nedostupne te se tako KMPZ može promatrati i kao izvor informacija o ranom univerzumu i kao granica opažanja – riječ je o dvije iznimno važne spoznaje kako bi se razumjela suvremena kozmologija. Zatim se ulazi i u fazu reionizacije. Širenje prostora je posljedica velike energije koja se pojavljuje između faza tvari. Naime, u uvjetima koji su tada vladali međudjelovanje je bilo jedinstveno sve dok se sile nisu razdvojile u stanje kakvo nam je danas poznato³⁸³.

4.3.2. Razvoj ranog univerzuma i otvorena pitanja

Iz svega navedenog, i glede NVP i KMPZ, imajući na umu brojna otvorena pitanja, možemo reći kako se pretpostavlja da je razvoj univerzuma tekao (približno) na sljedeći način:

- $0 - 10^{-43}\text{s}$ = Veliki prasak
- $10^{-43} - 10^{-34}\text{s}$ = Jedinstvo sila; inflacija; bariogeneza.
- $10^{-34} - 10^{-10}\text{s}$ = Razdvajanje sila.
- 10^{-5}s = Stvaranje protona i neutrona.
- 100 s = Prvotna nukleosinteza
- $300\,000\text{ god.}$ = Odvajanje KMPZ od materije³⁸⁴.

Ali kao i kod drugih sastavnica SKM-a i u kontekstu KMPZ-a postoje brojne nejasnoće koje se mogu podijeliti u dvije skupine otvorenih pitanja:

- Prva skupina pitanja tiče se, uvijek poželjnijih, preciznijih mjerenja kako bi se razriješile nedorečenosti s kojima se suvremena kozmologija u ovom slučaju suočava. Riječ je o nekoliko teškoća:
 - Tehnološke granice odnosno nepreciznost mjernih instrumenata.

³⁸³ Usp. Vujnović (2010), 242.

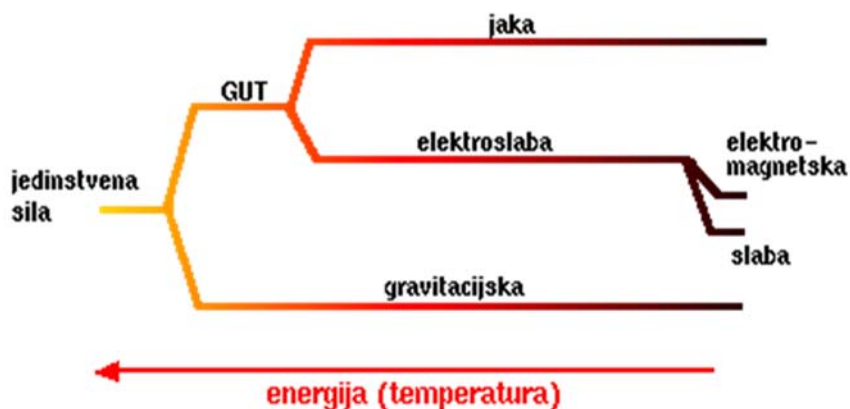
³⁸⁴ Usp. detaljnije Kumerički (2002), 1–3; Mukhanov (2005), 72–74.

- Nemogućnost zahvaćanja objekta istraživanja u cijelosti – problem koji proizlazi iz specifikuma predmeta suvremene kozmologije.
- Svojstva (anomalije) KMPZ-a koja još uvijek nisu objašnjena:
 - tzv. tamna mrlja;
 - slabiji spektar lijevoga kraja;
 - neobična usklađenost smjera akustičnog titraja;
 - asimetrija po kojoj je KMPZ sa sjeverne nebeske polutke značajno različite prosječne temperature nego ono južne³⁸⁵.
- Druga skupina pitanja se odnosi na puno zahtjevnija pitanja jer se ista odnose na nama još nepoznate pojave, uzroke ili narav samih pojava. Riječ je o sljedećim pitanjima:
 - Koja je narav, odnosno, odakle potječe KMPZ?
Naime, danas su poznate dvije linije odgovora na pitanje o naravi KMPZ-a. Prva, koja je u skladu s TVP prema kojoj je riječ o pre-stelarnom zračenju. I druga, koja bi odgovarala (nekim) alternativnim kozmološkim modelima, prema kojoj je riječ o rezultatu integracije odgovarajućega skupa nebeskih tijela. No, odgovoriti na pitanje koje je od tumačenja točno ili pak utvrditi da je riječ o nekoj trećoj opciji, nije tako jednostavno. Naime, da bi se napravio valjan izbor između dvaju spomenutih opcija, a možda ponudilo i neko drugo rješenje, još uvijek nedostaju detaljnija mjerenja, i to u prvom redu mjerenje temperature KMPZ-a na velikom crvenom pomaku³⁸⁶.
 - Kako objasniti period velikoga praska?
Naime, s obzirom na to da su temperatura i gustoća u ovom periodu iznad područja u kojima vrijede trenutno poznati zakoni fizike, period velikoga praska je nepoznanica koju nazivamo točkom singularnosti. Budući da je riječ o točki u kojoj se lome fizikalni zakoni, odnosno o periodu na koji se ne mogu aplicirati fizikalni zakoni te fizika nema što reći, ostaje nam zaključiti da je period velikoga praska dostupan isključivo spekulaciji³⁸⁷.
 - Kako objasniti period jedinstvene sile?
Naime, ovaj period još uvijek predstavlja nepoznanicu, a čini se da će tako i ostati. Zašto? Zoran prikaz (vidi dijagram 2, str. 111), objašnjenje, ali i odgovor na ovo pitanje donosi Kumerički kada kaže:

³⁸⁵ Detaljnije vidi: Kumerički (2013), 255.

³⁸⁶ Usp. Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 10, 20, 66–67.

³⁸⁷ Usp. Kumerički (2002), 1; Mukhanov (2005), 74.



Dijagram 2. Proces razdvajanja sila.

S porastom temperature u ranom svemiru dolazi do ujedinjavanja prirodnih sila. Ubrzivači čestica su nam posljednjih desetljeća omogućili detaljno izučavanje ujedinjenja elektromagnetske i slabe nuklearne sile. Nažalost, za proučavanje GUT ujedinjenja te ujedinjenja svih sila, jedini ubrzivač koji ima dovoljnu energiju je rani svemir, a on je prestao s radom prije više milijardi godina³⁸⁸.

- Kako objasniti proces bariogeneze?

Ovaj proces još uvijek nije sasvim jasan te i za njega postoji više mogućih objašnjenja, ali objašnjenja koja se nude još uvijek su samo pretpostavke koje teško da će dobiti empirijski korelat³⁸⁹.

- Što je tamna tvar?

Nepoznanica.

- Što je tamna energija?

Nepoznanica.

Općenito još uvijek nije sasvim jasna narav i sastavnice „tamnih komponenti“ univerzuma³⁹⁰.

- Utječe li širenje univerzuma na stabilnost fizikalnih zakona?

Nepoznato.

5. Standardni kozmološki model – otvorena pitanja

U ovom se povijesnom trenutku SKM smatra najboljim, empirijski utemeljenim, znanstvenim opisom univerzuma. No, unatoč tome, brojna ograničenja i otvorena pitanja SKM-a otkrivaju

³⁸⁸ Dijagram 2. i citat Kumerički (2002), 2.

³⁸⁹ Vidi npr. Mukhanov (2005), 73–74.

³⁹⁰ Usp. Mukhanov (2005), 69–71.

kako se promišljanje o shvaćanju suvremene kozmologije kao isključivo empirijske discipline ne može zaobići. Tomu je više razloga. Ponajprije, suvremena kozmologija se kao i svaka znanost suočava s ograničenjima, tzv. granicama znanosti koje mogu biti tehničke naravi, koje se mogu ili ne mogu pomicati ili pak mogu proizlaziti iz naravi predmeta. Naime, kako smo na početku ovoga dijela rada istaknuli, SKM se temelji na TVP koja događaj nastanka svemira smješta u vrijeme prije približno 13,7 milijarda godina, što ujedno znači da TVP, tj. SKM opisuje razvoj kozmosa od 10^{-43} s nakon tzv. velikoga praska. Iako se SKM gradi na uspjehu modela velikoga praska, važno je uočiti kako bi bilo pogrešno govoriti o SKM-u kao o TVP jer sam model ne obuhvaća događaj velikoga praska, a veliko je pitanje koliko je taj događaj uopće dostupan našem istraživanju i razumijevanju. Naime, da bi model obuhvatio taj događaj, tj. približio se tom trenutku, još uvijek nedostaju (koliko za sada znamo) kvantna teorija gravitacije i puno bolje poznavanje fizike elementarnih čestica³⁹¹. U tom smislu točnije je reći da SKM opisuje razvoj kozmosa od tzv. Planckove epohe koja predstavlja granicu iza koje teorije fizike više nisu primjenljive, tzv. singularnost koja predstavlja donju granicu opažanja i znanstvenih istraživanja. Isto tako, SKM, uz pomoć TR, odnosno OTR pokušava zahvatiti tzv. velike skale, no i u tom se kontekstu suvremena kozmologija suočava s ograničenjima, kao što su konstantnost i maksimalna brzina svjetlosti, ali i s otvorenim pitanjima glede pretpostavki homogenosti i izotropije. Tako narav predmeta i ograničenja s kojima se suvremena kozmologija suočava upućuju na nužnost komplementarnog pristupa pitanju kozmosa, ali i na potrebu da se suvremenu kozmologiju shvati šire.

Na činjenicu da je pitanje treba li suvremenu kozmologiju shvatiti šire legitimno i iznimno važno, i to na više razina, upućuje i uglavnom svima poznat podatak o postotku empirijskog utemeljenja našeg najboljeg modela univerzuma. Naime, činjenica je da suvremena kozmologija raspolaže s puno podataka o univerzumu, no isto je tako činjenica da je poznato (svega) oko 5% sastojaka SKM-a. Ostalih 95% još uvijek su entiteti čija nam je narav strana. S obzirom na to da je ovaj malen postotak velika i iznimno vrijedna količina spoznaja o univerzumu, možemo reći da znamo puno. Ipak, netočno bi bilo tvrditi da SKM objašnjava sve, a to je, kako smo više puta istaknuli, važna razlika koja otvara prostor za raspravu i koja, u konačnici, poziva na komplementaran pristup pitanju kozmosa. Štoviše, SKM čak i ne objašnjava sva opažanja koja postoje. Detaljniji uvid u utemeljenje suvremene kozmologije, koji smo iznijeli u ovom dijelu rada – osobito empirijsko utemeljenje, dovodi nas do zaključka

³⁹¹ Usp. Milin (2010), 43.

da SKM sadrži više kauzalnih i strukturalnih faktora koji nam nisu poznati³⁹², a na temelju tih faktora možemo doći i do zaključaka sasvim suprotnih onome što je u trenutnoj kozmološkoj praksi uvriježeno. Dapače, neki od tih zaključaka implicirali bi novu znanstvenu revoluciju. Tako se suvremena kozmologija, s obzirom na to da ne raspolaže s cjelovitim empirijskim potvrdama, ali i s obzirom na to da sva opažanja nisu razjašnjena mora osloniti na tzv. filozofijske odabire, a to nas ponovo vodi do zaključka da suvremenu kozmologiju treba shvatiti šire.

To postaje osobito razvidno kada se поближе pogleda na koja pitanja suvremena kozmologija još uvijek treba pronaći odgovore i s kojim se teškoćama suočava u, donekle, poznatom kontekstu. Riječ je u prvom redu o dvije velike skupine pitanja na koje suvremena kozmologija intenzivno traži odgovor, a čini se da mu se može približiti isključivo uzme li u obzir filozofiju:

- Odakle dolazi sva (normalna) materija koju prepoznajemo kao gradivne elemente galaksija, zvijezda itd.?

Riječ je o tome da bi trebalo objasniti cijeli proces, a najvjerojatnije je riječ o procesu tzv. bariogeneze. Taj bi pak proces trebao biti objašnjen procesom fizike elementarnih čestica u ranom univerzumu, no, kako smo istaknuli pri analizi NVP, do danas je nepoznat³⁹³. Tako postaje očito kako je riječ o iznimno složenom pitanju koje traži odgovor i iz znanstvene, ali i iz filozofijske perspektive, i to iz konteksta metafizike i epistemologije.

- Kako se formiraju galaksije?

Kako smo vidjeli, dio procesa formiranja galaksija dobro je utvrđen. No, još uvijek je riječ samo o dijelu procesa – to ne znači da o procesu formiranja galaksija znamo malo, ali isto tako ne znači ni da znamo sve, niti da razumijemo proces formiranja galaksija. U tom smislu, zapravo ne znamo ni koliko smo blizu cjelovitom razumijevanju toga procesa. Otvorena pitanja u kontekstu razumijevanja procesa formiranja galaksija su: kako se formiraju galaksije? Kako se galaksije razvijaju od difuznog oblaka u vrlo strukturiranu spiralu plina i zvijezda ili amorfnе eliptične lopte zvijezda? Zašto se galaksije uopće formiraju u neku strukturu? Stoga, možemo reći da su galaksije, unatoč velikom znanju o procesu njihovog formiranja, još uvijek na više razina velika

³⁹² Usp. Butterfield (2014), 58–59.

³⁹³ Vidi: Kumerički (2002), 1.

nepoznanica, a pitanje njihove naravi predstavlja jednu od velikih zagonetki SKM-a. A s obzirom na to da se procesi formiranja galaksija ne odvijaju isključivo u opažanju dostupnoj domeni, postaje razvidno da se na pitanje razumijevanja iznimno složenoga procesa formiranja galaksija ne može ponuditi odgovor isključivo iz empirijske perspektive.

Uz to, unatoč činjenici da se nalazi u tzv. zlatnom dobu, teškoće za suvremenu kozmologiju izrastaju i iz toga što ni u tom donekle poznatom kontekstu za većinu svojih sastavnica još uvijek nema adekvatne ili dovoljno čvrste opažajne korelacije. U tom smislu temeljna testiranja SKM-a, i teškoće s kojima se suočava, odnose se na:

- eksperimentalno testiranje OTR;
- utvrđivanje raspodjele materije u prostoru;
- utvrđivanje stvarnosti širenja prostora;
- mjerenje temperature KMPZ na velikom crvenom pomaku;
- utvrđivanje starosti najstarijih objekta;
- mjerenje evolucije kemijske strukture materije na velikom crvenom pomaku³⁹⁴.

No, postoji i korak dalje. Naime, prije nekoliko desetaka godina granice promišljanja su pomaknute u smislu proširivanja SKM-a, a to je otvorilo cijeli niz novih pitanja koja zadiru u samu srž fizike, odnosno, uočava se da SKM postavlja novi skup fundamentalnih problema koje bismo trebali razumjeti i objasniti³⁹⁵. A očito je da se ti problemi ne mogu razumjeti i objasniti isključivo empirijskim putem. Naime, ako je SKM točan, postoji mogućnost da većina materije i energije u univerzumu nije tzv. obična tvar³⁹⁶. Prijedlozi o tome što bi mogla biti ta većina materije i energije danas su dobro i široko poznati, no to ih ne čini ništa mane zagonetnima ni u filozofijskom ni u znanstvenom smislu³⁹⁷. Možda je čudnije baš to što su tako dobro prihvaćeni, a očito je da predstavljaju novi skup fundamentalnih problema koji pred znanost i filozofiju stavlja SKM. Naime,

- što je tamna tvar?

³⁹⁴ Navedeni niz i istaknute teškoće za testiranja nalazimo kod: Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 19–20, 55–67. Vidi i (alternativne) prijedloge za buduća testiranja (npr. alternative tamnoj energiji na temelju modifikacije OTR) kod: Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 558–559.

³⁹⁵ Usp. Taylor (2013), 61.

³⁹⁶ Usp. Smeenk (2013), 10.

³⁹⁷ Usp. Smolin (2007), 13.

Prema opažanjima Planckova satelita za tamnu tvar se pretpostavlja kako čini nekih 26,8% univerzuma. Pretpostavlja se da je riječ o čestici koja slabo djeluje i između sebe i s barionskom tvari, te da djeluje i podliježe ponajprije gravitaciji³⁹⁸. No, opažajne potvrde za njezino postojanje još uvijek nema, a kada su u pitanju indirektna naslućivanja (jer ne opaziti ne znači ni potvrditi, ali ni falsificirati) do problema dolazi jer uvijek postoji više mogućih (astrofizičkih) objašnjenja³⁹⁹. Ono što je sigurno glede tamne tvari jest to da nije riječ o 4,9% barionske tvari. Dakle, iako se sama ideja tamne tvari pojavila još 1932., sve informacije o tamnoj tvari koje dolaze iz suvremene kozmologije još uvijek su isključivo pretpostavke koje se pojavljuju u više „varijacija“, a između kojih se možemo odlučiti uglavnom na temelju teorijskih, a ne eksperimentalnih razloga. Čini se tako da, još jednom, sama znanost vlastitim rješenjima upućuje na značaj filozofije, ali i na zaključak da suvremenu kozmologiju treba shvatiti šire.

- Što je tamna energija?

Pitanje što je tamna energija zasigurno predstavlja najzagonetnije pitanje današnjice u kontekstu suvremene kozmologije⁴⁰⁰. Ovih, kako se pretpostavlja, 68,3% univerzuma predstavlja izazov u istraživačko-opažajnom smislu. No, tamna energija i za filozofiju i za suvremenu kozmologiju predstavlja velik teorijski izazov⁴⁰¹. Naime, pitanje je ako ta tajanstvena sila (ako je sila) i postoji, odakle potječe⁴⁰².

Uzet u cjelini, SKM je još uvijek utemeljen na brojnim pretpostavkama, a ne na empirijskim potvrdama. Štoviše, suvremena kozmologija često bez filozofijskih odabira ne može povezati brojne podatke s kojima raspolaže. U tom smislu, možemo reći da odgovor na pitanje kozmosa i ne treba tražiti samo u novim empirijskim podacima, već i u novim filozofijskim doprinosima – u smislu razjašnjenja i određenja pojmova i propitivanju relacija empirijskih podataka i teorijskih postavki. U tom smislu, sigurno je da bi trebalo formirati adekvatnu filozofiju

³⁹⁸ Usp. Vujnović (2010), 242.

³⁹⁹ Usp. Sanders (2010), 165. Autor u knjizi donosi pregled razvoja ideje tamne tvari i stanja istraživanja tamne tvari.

⁴⁰⁰ Detaljnije za povijesnu perspektivu (preko pojmova pneume, vakuuma, etera pa do tamne energije) i suvremeno razumijevanje tamne energije vidi: Kragh & Overduin, 2014.

⁴⁰¹ Vidi: Mukhanov (2005), 71.

⁴⁰² Za navedena pitanja i otvorene probleme suvremene kozmologije usp. Taylor (2013), 61–62; Ellis (2014), 8–9; Milin (2010), 46–47.

kozmiologije koja bi se trebala uhvatiti u koštac sa sljedećim pitanjima te tako pomoći, u prvom redu, teorijskim fizičarima da lakše odgovore na pitanja o kozmosu:

- Što su kozmološki parametri?

O općim obilježjima suvremene kozmiologije kao empirijske discipline i teškoće vezane uz parametre detaljnije ćemo govoriti u sljedećem poglavlju, a ovdje ističemo samo temelj problema. Naime, s obzirom na to da se parametri s napretkom opažanjima mijenjaju, kako odrediti parametre koji će se uzeti u obzir? Što s opažanjima (parametrima) koja postoje, a ne slažu se s općeprihvaćenim modelom? U tom smislu, što su kozmološki parametri?

- Iz netom spomenutog pitanja slijedi i pitanje: što je u SKM-u konstrukcija prostor-vremena? Naime, prostor i vrijeme još uvijek su otvorena filozofska i znanstvena pitanja.
- Što je vrijeme? Ima li vrijeme smjer ili ne?

Pitanje vremena aktualno je kroz cijelu povijest filozofije i znanosti, a jedno je od rijetkih pitanje koje je uspjelo iznuditi otvoreno priznanje filozofa, Aurelija Augustina, da je riječ o zaista teškom pitanju na koje ne zna odgovor. A da je tako ostalo i stoljećima kasnije, otkrivamo npr. u riječima J. Polkinghornea: »U svezi prirode prostora sigurno postoje suptilnosti, koje idu iznad očekivanja svakodnevne misli, ali one nisu ni malo tako zbunjujuće poput onih koje susrećemo kada pokušamo promišljati o prirodi vremena«⁴⁰³. Kroz povijest nudili su se razni odgovori na pitanje vremena, a ni danas nije ništa drugačije, ali možda su već Newtonovi prijedlozi „slojevitog“ shvaćanja vremena dobro oslikali problematiku koja se nazire iza pitanja o vremenu. Einstein je pak prostor i vrijeme prepoznao kao dva aspekta istog entiteta, a neki su metafizičari (npr. J. M. E. McTaggart) i znanstvenici (npr. A. Connes i C. Rovelli) otišli i korak dalje te ustanovili da vrijeme zapravo ne postoji. No, postoji li vrijeme ili ne, i dalje je otvoreno pitanje na koje znanstvenici (npr. L. Smolin i C. Rovelli)⁴⁰⁴ i filozofi još uvijek nude različite odgovore i koje u kontekstu promišljanja o pitanju kozmosa traži daljnje propitivanje⁴⁰⁵. A na složenost pitanja vremena i nužnost komplementarnog pristupa upućuje vezanost pitanja vremena uz psihološki, sociološki, biološki, matematički,

⁴⁰³ Polkinghorne (2013), 283.

⁴⁰⁴ Vidi: Rovelli (2015), 93–115.

⁴⁰⁵ Vidi: Le Poidevin & MacBeath, 1993.

fizikalni i metafizički kontekst. Sve navedeno sastavni je dio pitanja kozmosa koje tako upućuje na zaključak da je za približavanje cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa suvremenu kozmologiju potrebno shvatiti šire.

- Što je prostor? Štoviše, što je zakrivljenje prostora?

Kako se kroz povijest mijenjalo razumijevanje prostora, osobito od Newtona do TR поближе smo prikazali, no na pitanje što je zapravo prostor, na koncu, ipak nismo odgovorili. Kao i u slučaju s vremenom, riječ je o jednom od temeljnih pojmova znanstvenog, filozofijskog i svakodnevnog diskursa, ali o pojmu čijem se razumijevaju tek približavamo. Razumijevanje prostora u znanstveno-filozofijskom kontekstu transformiralo se od Newtonove ideje prostora kao svojevrsne velike kutije u kojoj je sav sadržaj kozmosa, odnosno podloge na kojoj se sve događa, do Einstenove ideje da postoji polje koje se može savijati, gibati i mreškati. No, što je mreškanje, tj. zakrivljenje prostora? Na to pitanje još nema odgovora, a činjenica je da je riječ o pitanju koje uključuje razumijevanje odnosa matematike, jer ponašanje polja ravna se prema jednažbama⁴⁰⁶, i fizike, ali i fizičkog, odnosno materije i polja te tvari i matematike⁴⁰⁷ čini se da suvremena kozmologija, ukoliko želi preciznije odrediti temeljne pojmove kojima se koristi, mora uzeti u obzir filozofiju.

- Homogenost i izotropija su kao KP temelj SKM-a, no riječ je o pretpostavkama.

Uz brojna pitanja koja smo već istaknuli u odnosu na KP pojavljuju se još barem dvije značajne nedoumice. S jedne strane, kako gledati na empirijske podatke koji su kontradiktorni tim pretpostavkama? S druge strane, kako sa znanjem da postoje takvi podatci gledati na KP kao temelj suvremene kozmologije? Riječ je o iznimno ozbiljnim pitanjima koja filozofija znanosti usko veže uz proces znanstvenih revolucija, Kuhnovim rječnikom, ovakva pitanja nagovještaju tzv. krizu, odnosno, neku novu paradigmu. U tom smislu, suvremena kozmologija bi, osim za razumijevanje naravi tvari koja je usko vezana uz homogenost i izotropiju, za preispitivanje vlastite filozofije⁴⁰⁸ u obzir trebala uzeti upravo filozofiju.

- Gravitacija, pa i sila općenito, još uvijek je znanstvena i filozofijska zagonetka.

⁴⁰⁶ Usp. Rovelli (2015), 28.

⁴⁰⁷ Vidi: Arntzenius, 2012.

⁴⁰⁸ Usp. Bunge (2013), 167.

Danas razlikujemo više vrsta sila, ali još uvijek ne znamo što je sila. Još manje pak u potpunosti poznajemo narav gravitacije. Na te dvije temeljne nepoznanice, za potvrdu konzistentnosti relativističkih modela i kvantne fizike, odnosno SKM-a, danas nedostaje upravo teorija kvantne gravitacije koja predstavlja jedan od fundamentalnih problema suvremene teorijske fizike⁴⁰⁹.

- Do koliko kvalitetnih odgovora o sastavnicama kozmosa možemo doći uz pomoć nuklearne fizike?

To je još uvijek dobro znanstveno i filozofijsko pitanje koje uključuje promišljanje o ekstrapolaciji podataka što je svojstveno upravo za suvremenu kozmologiju. Uz to pitanje, o kojem će biti detaljnijeg govora u sljedećem poglavlju, s obzirom na zagonetnost tamne tvari i tamne energije, postavlja se pitanje mogu li se eksperimenti nuklearne fizike koristiti za tumačenje procesa koji su nam strani? Isto tako, koji je stupanj vjerojatnosti da su zaključci i pretpostavke takve primjene ispravni s obzirom na to da znamo koliko je upitno vrijede li svi zakoni jednako na svim skalama? Odgovori na takva pitanja neizmjerljivo su važni za planiranja daljnjih istraživanja, ali za promišljanje takvih pitanja potrebno je formirati filozofiju suvremene kozmologije.

- Što je materija uopće, a tek zatim što je tamna tvar?
- Što je energija, a zatim što je tamna energija?
- Što se dogodilo na početku univerzuma?

Pitanje početaka predstavlja jedno od temeljnih pitanja svih religija, filozofije i znanosti, a koje, kako smo već imali priliku vidjeti, jednostavno nadilazi mogućnosti davanja nekog isključivo empirijski utemeljenog odgovora. Naime, s obzirom na to da je odbačena ideja ravnoteženoga svemira čini se kako je neka vrsta početka širenja morala postojati no TVP (i model) nikada nije ni ponudila odgovor na to pitanje. Ako je pak tako, nameću se pitanja koja je narav toga početka i kako se on dogodio⁴¹⁰. Za razumijevanje tog pitanja suvremena kozmologija u obzir mora uzeti filozofiju.

- Emergencija složenosti?

Iznimno popularna pitanja u koja na više razina zadire suvremena kozmologija jesu pitanja emergencije, emergentnih fenomena i složenosti, a zajedno ih možemo

⁴⁰⁹ Usp. Smolin (2007), 5–8.

⁴¹⁰ Usp. Ellis (2014), 9.

objediniti pod nazivnik emergencija složenosti⁴¹¹. Jedno je to od aktualnijih pitanja suvremenog znanstvenog diskursa koje se proteže između brojnih znanstvenih disciplina. Ukratko, odavno uočena složenost zbilje pred nas stavlja četiri temeljna pitanja (tzv. faze emergencije)⁴¹². Prvo, usko vezano uz fiziku odnosno suvremenu kozmologiju jest pitanje: odakle išta? To je pitanje koje se grana u cijeli niz pitanja o temeljnim sastavnicama tvari (zbilje). Drugo, pitanje je usko vezano uz biologiju, a glasi: odakle iz nežive tvari život? Treće pitanje je usko vezano uz neuroznanosti, a glasi: odakle svijest? Iako ovdje ne možemo otvarati brojne razine rasprava, inače poznatih u kontekstima ovih triju faza emergencije, razvidno je da su svu sve razine rasprave i mogući odgovori pertinentni za suvremenu kozmologiju i u filozofijskom i u znanstvenom smislu. Štoviše, možemo to reći i na sljedeći način, sve faze emergencije (koje su međusobno kauzalno povezane⁴¹³) podvlači filozofijska (četvrta) faza emergencije: epistemološka pitanja, ontološko pitanje o zbiljnosti emergentnih fenomena i jedno od temeljnih pitanja: pitanje kauzalnosti (kauzalnost odozdo prema gore i kauzalnost odozgo prema dolje). Bitno je primijetiti da se (kako smo vidjeli u kontekstu rasprava o naravi tvari) na pitanje emergencije složenosti ne može odgovoriti (redukcionistički) empirijskim putem, a s obzirom na to da je postojanje složenih sustava neupitna činjenica, nameće se zaključak da je filozofija potrebna kako bi se došlo do odgovora na pitanje emergencije složenosti koja je, na kraju, zapravo temeljno obilježje kozmosa kao predmeta suvremene kozmologije.

Ni sami nismo u mogućnosti ponuditi neki recentan ili izričit odgovor na postavljena pitanja. Ipak, vjerujemo kako su istaknute problematike izričit poziv na komplementaran pristup pitanju kozmosa i na promišljanje i domišljanje nekih novih teorijskih, tehničkih i filozofijskih rješenja. U tom smislu smatramo da se ponekad, radi pronalaska odgovora na ta i takva pitanja, moramo vratiti u povijest te usporediti, promisliti i ispitati naše pojmove, ideje i metode, ali isto tako moramo pogledati sa strane na neku »naizgled nepovezanu pretpostavku, toliko fundamentalnu da prije nije dovođena u pitanje«⁴¹⁴. Stoga, povrh svega čini se da kod traženja odgovora na netom spomenuta pitanja, treba uzeti u obzir i filozofiju. Štoviše, čini se da je još prikladnije suvremenu kozmologiju shvatiti šire, kao znanstveno-filozofijsku disciplinu. Ali u odnosu na

⁴¹¹ Detaljnije o spomenutim pitanjima vidi: Morowitz, 2002; Bedau & Humphreys, 2008; Fromm, J. (2004).

⁴¹² Usp. Clayton (2004). 578.

⁴¹³ Usp. Ellis, 2004.

⁴¹⁴ Kragh & Overduin (2014), vi.

spomenuti zaključak, iz konteksta suvremene kozmologije, uzdižu se najmanje dva dodatna pitanja koja treba detaljnije razmotriti. Prvo se tiče funkcioniranja znanosti, a drugo statusa teorijske fizike, odnosno odnosa teorijske fizike i filozofije.

5.1. O normalnoj znanosti

Iz svega što smo do sada istaknuli, proizlazi da je SKM još uvijek nekompletan kozmološki model, odnosno, da iako SKM može objasniti većinu kozmoloških opažanja i procesa on ne može objasniti sva opažanja i procese u kozmološkoj domeni, te u tom smislu on nameće mnoga nova pitanja, kao što i otvara neka od starih fundamentalnih pitanja, zbog čega su i postavljene određene dodatne hipoteze, poput primjerice inflacijske hipoteze, koje međutim zbog svoje nedorečenosti nisu uključene u sam model. U tom smislu, SKM valja shvaćati kao ograničen skup opće prihvaćenih pravila za koja se s velikom vjerojatnošću pretpostavlja da su točna⁴¹⁵. No, unatoč činjenici da model trpi razne nedostatke, ali i činjenici da i sami fizičari priznaju kako je teško ponuditi neko točno određenje SKM-a, model je vrlo dobro prihvaćen u zajednici modernih kozmologa budući da nudi teorijsku paradigmu koja može konzistentno objasniti više različitih opažanja⁴¹⁶, zbog čega ga većina kozmologa i prihvaća kao model koji u odnosu na druge kozmološke modele ima najveću eksplanatornu i prediktivnu moć, a u tom svjetlu i trenutno najboljim kozmološkim modelom.

U znanstvenom smislu, to znači da je SKM postaje modelom s kojim se svaki novi i konkurirajući model mora uspoređivati i u odnosu na kojeg se treba provjeravati konzistentnost svakoga novog opažanja. Kuhn bi rekao da je riječ o „paradigmi“ ili „disciplinarnoj matrici“ što znači da je riječ o onome što student neke znanstvene discipline uči i proučava, što ga kvalificira za pripadnost i djelatnost unutar neke znanstvene zajednice okupljene oko određene discipline⁴¹⁷. Međutim, u slučaju suvremene kozmologije kao Kuhnove „normalne znanosti“, to bi značilo ne samo da se tijekom obrazovanja budućih kozmologa alternativni kozmološki modeli ne proučavaju već da djelatna kozmologija, koja operira s SKM-om kao svojom disciplinskom matricom ograničava moguća predviđanja koja bi moguće išla u korist alternativnih modela, a da se eventualna anomalna opažanja isključivo pokušavaju uskladiti s

⁴¹⁵ Usp. Milin (2010), 42.

⁴¹⁶ Usp. Hwang (2012), 67.

⁴¹⁷ Usp. Kuhn (2013), 25.

tim modelom, ne dajući šansu alternativnim mogućnostima⁴¹⁸. Stoga se opravdano nameće pitanje nije li upravo dobra prihvaćenost modela uzrok tolike uspješnosti SKM-a, odnosno razlog njegove općeprihvaćenosti i iznimno dobroga razvoja u odnosu na neke alternativne modele? Ne bi li možda i neki drugi, tzv. alternativni, kozmološki modeli pružili jednako tako dobre rezultate da se na njima radi s jednakim naporom? Riječ je o iznimno važnim i složenim pitanjima koja se tiču načina na koji znanost funkcionira, a uključuju psihološke, sociološke, ali i političke i ekonomske faktore.

Naime, praksa rijetko izaziva neslaganje oko fundamentalnih stvari, a, uz to »oni čije se istraživanje zasniva na zajedničkim paradigmama moraju se pridržavati istih pravila i standarda za znanstvenu praksu [naime] to pridržavanje, kao i očito slaganje koje ono stvara, preduvjeti su za normalnu znanost, to jest za stvaranje i održavanje posebne istraživačke tradicije«⁴¹⁹. Održavanje istraživačke tradicije po svojoj naravi protivi se promjeni – tzv. revolucionarnoj znanosti, Kuhnovom terminologijom – ali koliko mogu biti dalekosežne posljedice održavanja neke istraživačke tradicije otkrivaju sastavnice koje ona uključuje, a to su planiranja budućih istraživanja, odobravanja upisnih kvota, pripremu materijala i određivanje programa studija, a ponajviše usmjeravanje sredstava na buduće istraživačke projekte. Stoga Smolin ide korak dalje i navodeći više primjera ističe ono što bi Kuhn nazvao obilježjem strukturalnoga aspekta paradigme, odnosno da je »sustav složen ne samo da bi se bavilo normalnom znanošću već kako bi se osiguralo da je normalna znanost ono što se radi«⁴²⁰. Implikacije ove tvrdnje su dalekosežne, budući da vidno zadiru na sva spomenuta područja i u samu srž etablirane znanstvene prakse.

Kuhn je ponudio svoje rješenje ovih problema i postavio niz pitanja koje je potrebno detaljnije promisliti kako bi se ispravno razumjela struktura znanstvenih revolucija i funkcioniranje znanosti i znanstvene zajednice⁴²¹. Smolin je ponudio rješenje koje uključuje borbu protiv konformizma, otvaranje prostora drugačijim mišljenjima, tzv. neovisnim istraživačima i podupiranje kritičkog propitivanja, kako bi se otvorio prostor za neku novu revoluciju⁴²². Mi ovdje nećemo nuditi neko novo rješenje, ali složiti ćemo se i s Kuhnom i sa Smolinom, uz

⁴¹⁸ Usp. Taylor (2013), 34.

⁴¹⁹ Kuhn (2013), 25.

⁴²⁰ Smolin (2007), 339.

⁴²¹ Vidi: Kuhn (2013), 213, 222–223.

⁴²² Usp. Smolin (2007), 351–352.

dodatak da je uvelike potrebno podići svijest o značaju istaknute problematike. Isto tako, smatramo da je na spomenuta kritička propitivanja i podizanje te svijesti pozvana upravo filozofija. Na koncu, tako postaje očito koliko je filozofija značajna za znanost općenito, ali očito je i koliko je važan komplementaran pristup i izgradnja, u ovom slučaju, kvalitetne filozofije kozmologije.

5.2. O teorijskoj fizici i filozofiji

Na samom početku ovoga istraživanja istaknuli smo da je suvremena kozmologija određena kao empirijska disciplina, ali da se to određenje često dovodi u pitanje. Na pitanje zašto suvremenu kozmologiju valja shvatiti šire, već smo ponudili odgovor iz dvije perspektive, a na to ćemo pitanje pokušati dodatno odgovoriti iz još jedne perspektive u sljedećem poglavlju. No, kao što smo također istaknuli na početku ovoga istraživanja, postoje suvremeni znanstvenici, poglavito fizičari, koji smatraju da se status suvremene kozmologije kao empirijske discipline ne treba dovoditi u pitanje (je li tomu baš tako, to još valja ispitati). Ali i više od toga, za neke je pitanje o tome treba li suvremenu kozmologiju shvatiti šire u smislu da bi trebala u obzir uzeti filozofiju sasvim besmisleno. Naime, znanost u tom smislu nema što uzeti u obzir, kako je to 2011. u svom izlaganju na Google Zeitgeist istaknuo S. Hawking:

Svi se mi ponekada pitamo: Zašto smo ovdje? Odakle dolazimo? Tradicijski, to su pitanja za filozofiju, ali filozofija je mrtva. Filozofi nisu uspjeli pratiti korak s razvitkom suvremene znanosti. Posebice s fizikom. Znanstvenici su postali nositelji baklje istraživanja u našoj potrazi za znanjem⁴²³.

Zapravo Hawking je tu tvrdnju izrekao već godinu ranije, na prvim stranicama knjige *Veliki dizajn* koju je napisao s Leonardom Mlodinowom. S tom temeljnom tvrdnjom knjige kojoj je cilj istaknuti zaključke koji proizlaze iz napretka teorijske fizike, a koji predstavljaju odgovore upravo na tradicionalno filozofijska pitanja, složio bi se cijeli niz poznatih znanstvenika, poglavito fizičara, npr. Lawrence Krauss, Neil de Grasse Tyson, Steven Weinberg itd⁴²⁴. Neki bi možda bili blaži, kako primjećuje Harman, pa bi tvrdili da filozofija nije mrtva, ali da će se to uskoro zasigurno dogoditi⁴²⁵. No, da bi se filozofija mogla shvatiti i nešto drugačije, nešto kao etička pomoćnica znanosti potvrđuju izjave i nekih filozofa, npr. J. Ladymana i D. Rossa

⁴²³ Citat preuzet od Harman (2012), 11. Izlaganje u kojem je Hawking iznio ovu znakovitu tvrdnju koju su prenijeli brojni mediji na raznim jezicima i koja je potaknula niz rasprava i kritičkih osvrti, dostupno je na: Hawking, 2011.

⁴²⁴ Usp. Hawking & Mlodinow, 2010.; Stenger, Lindsay & Boghossian, 2015.

⁴²⁵ Usp. Harman (2012), 11.

koji su mišljenja da bi »specijalna teorija relativnosti trebala odrediti metafiziku vremena, kvantna fizika metafiziku supstancije, a kemija i evolucijska biologija metafiziku prirodnih vrsta«⁴²⁶.

No, da su mišljenja podijeljena glede odnosa filozofije i znanosti potvrđuje cijeli niz uglednih znanstvenika, opet poglavito fizičara i filozofa koji smatraju kako znanost nužno mora uzeti u obzir filozofiju. Naime, kako to ističe Rovelli, u prošlosti je dijalog znanosti i filozofije

imao važnu ulogu u razvoju znanosti osobito u trenucima velikih konceptualnih promjena u teorijskoj fizici [te su se] Galilei, Newton, Faraday i Maxwell, Bohr, Heisenberg, Dirac i Einstein [napajali filozofijom] i nikada ne bi uspjeli ostvariti velike konceptualne skokove kakve su napravili da nisu imali u vidu filozofsku kulturu⁴²⁷.

Štoviše, danas, u ovom zlatnom dobu znanosti, koja je uspjela pogledati daleko u prošlost svemira sve tamo do mrežkanja gravitacijskih valova i koja se uspjela spustiti ispod svih razina opipljive stvarnosti, čini se da je danas filozofija znanosti potrebnija više nego ikada prije. Tako je i S. Majid napisao kako smatra da je »upravo sada strahovito uzbudljiv trenutak za fundamentalnu znanost [i da bi trebala] vladati prava pustolovina u doba u kojem su se čista matematika, teorijska fizika, astronomija, filozofija i eksperiment objedinili na način na koji nije viđen gotovo sto godina«⁴²⁸. S tim bi se sasvim složio i Kuhn koji je promatrajući strukturu znanstvenih revolucija utvrdio kako znanstvenoj revoluciji prethodi kriza kao nužan preduvjet za nastajanje novih teorija, a kojoj je svojstveno upravo okretanje znanosti filozofiji⁴²⁹. No, kako ističe Rovelli, u trenucima kada se znanost bavi više tehničkim nego konceptualnim pitanjima može se činiti da je dijalog s filozofijom suvišan. Ipak, treba zapaziti, piše Rovelli, da su

kvantna mehanika i opća relativnost upravo bile zašle u nova područja. Prioritet je bio proučiti njihove posljedice i njihovu primjenu. Atomska fizika, nuklearna fizika, fizika čestica, fizika kondenzirane materije i mnoge druge discipline razvile su se na čvrsto postavljenoj konceptualnoj osnovi kvantne mehanike; astrofizika, kozmologija, istraživanje crnih rupa i gravitacijskih valova razvili su se na dobro utvrđenoj konceptualnoj osnovi opće relativnosti. Samo što se danas u nastojanju da se kombinira obje osnovne teorije, fizika ponovno suočava s početnim problemima. Mislim da se razvijena filozofska svijest opet pokazuje nužnom⁴³⁰.

⁴²⁶ Citat preuzet od Harman (2012), 11.

⁴²⁷ Rovelli (2015), 52.

⁴²⁸ Majid (2013), 8.

⁴²⁹ Usp. Kuhn (2013), 102.

⁴³⁰ Rovelli (2015), 52–53.

Do istoga zaključka došao je i jedan od uglednijih suvremenih kozmologa G. F. R. Ellis. No Ellis je, čitajući Hawkingovu i Mlodinovu izjavu, učinio korak dalje, odnosno zaključio kako bi bilo bolje poznavati i prihvatiti granice vlastite discipline nego tvrditi da je filozofija mrtva baveći se lošom filozofijom i iznoseći loše filozofijske tvrdnje. Poznati filozof znanosti P. Feyerabend istaknuo je isto to na malo drugačiji i oštiji način: »Mlađe generacije fizičara, Feynmani, Schwingeri i ostali, možda su vrlo bistri; možda i inteligentniji od svojih predšasnika, od Bohra, Einsteina, Schrödingera, Boltzmann, Macha itd. Ali su necivilizirani divljaci, nedostaje im filozofske dubine«⁴³¹.

Razlozi zašto su Hawking i Mlodinow došli do zaključka da je filozofija mrtva zasigurno su višestruki, ali ovdje ćemo spomenuti barem dva temeljna razloga. U prvom redu, to je zasigurno povjerenje u napredak znanosti, iako ovdje „napredak“ nije posve sretan izbor deskriptivnog pojma u kontekstu govora o razvitku znanosti. U svakom slučaju, razvitak znanosti nedvojbeno je opipljiv i vidljiv. Samo u zadnjih stotinu godina razvile su se brojne discipline i došlo se do toliko novih spoznaja o stvarnosti da je prirodna znanost postala ljudskom djelatnošću od najvećeg društveno-političkog interesa⁴³². S druge pak strane, kada je u pitanju filozofija, osobito metafizika, čini se kako kroz stoljeća i nije ostvaren baš neki napredak⁴³³. Što se pak tiče drugog mogućeg razloga o mnijenju da je filozofija u doba moderne prirodne znanosti mrtva, u njemu određenu ulogu zasigurno ima i sama narav teorijske fizike. Naime, kako to Rovelli ističe, znanost se bavi konstruiranjem i aranžiranjem konceptualnih struktura, pa i stvaranjem novih pojmova koji prije nisu postojali, ona se tiče načina na koji mislimo, odnosno, »znanost je proces u kojem nastavljamo istraživati načine na koje mislimo i mijenjamo našu sliku svijeta, kako bismo pronašli novu koja mu odgovara nešto bolje«⁴³⁴. Teorija je iznimna argumentacijska baza znanosti i, iako ne mora biti izražena matematički, budući da je riječ o »najmoćnijoj i najopćenitijoj metodi rezoniranja koju posjedujemo [...] kad god je to moguće pokušavamo osigurati podatke u formi koja se može obraditi matematički«⁴³⁵. Uz to, kako je to istaknuo M. Planck,

teorijska fizika ne uzima u obzir kao događaj pojedinačna mjerenja, stoga što mjerenja uvijek uključuju akcidentalne i neesencijalne elemente. Fizičar pod događajem misli na neki čisto intelektualni proces. On predstavlja novi svijet umjesto onoga koji nam je dan osjetilima ili mjernim instrumentima [...] to je

⁴³¹ Citat preuzet od: Harman (2012), 12.

⁴³² Vidi i: Heisenberg (1997), 19–20.

⁴³³ Usp. Harman (2012), 13–14.

⁴³⁴ Rovelli, 2014a.

⁴³⁵ Longair (2003), 6.

fizikalna slika svijeta; riječ je samo o intelektualnoj strukturi. Do neke mjere ona je arbitrarna⁴³⁶.

No, puno je više i značajnijih razloga koji su Ellisa i Feyerabenda, kao i niz znamenitih fizičara i filozofa, od kojih smo brojne spomenuli, doveli do sasvim suprotnoga zaključka. Navest ćemo neke od tih razloga. Prvi se odnosi upravo na vjeru u napredak i to na nekoliko razina. Ponajprije, pri divljenju novim dostignućima znanosti ne bi trebalo zaboraviti da ona nisu izrasla ni iz čega. Štoviše, suvremena je znanost izrasla iz krila filozofije i onih predznanstvenih disciplina koje su joj prethodile, ona bez njih ne bi postojala i štoviše »nemoguće je shvatiti suvremene teorije, a da se ne dovežu na prijašnje znanstvene grane«⁴³⁷. Isto tako, činjenica da temeljni pojmovi, kao što su, primjerice, gibanje ili identitet, dolaze u krizu novim istraživanjima pokazuje svu složenost i promjenjivost teorije, no time oni ne postaju suvišnima⁴³⁸, a isto je tako i s klasičnom fizikom i s filozofijom. Upravo suprotno, čini se kako suvremena fizika,

taj najsuvremeniji dio prirodne znanosti na mnogim mjestima dodiruje vrlo stare misaone putove, da se on iz novog smjera približava nekim od najstarijih problema. Vjerojatno se sasvim općenito smije kazati da se u povijesti ljudskoga mišljenja često događao najplodonosniji razvitak tamo gdje su se sretale dvije različite vrste mišljenja⁴³⁹.

No, valja se osvrnuti i na koncept napretka znanosti. Naime, zar je znanost i jednoga vremena zaostala i nazadna u odnosu na neka nova razumijevanja svijeta? Pitanje je složeno i u njega ne možemo ovdje u potpunosti ulaziti, ali za našu je svrhu bitno istaknuti da bi bilo loše pomisliti da se prirodne znanosti i filozofija trebaju uspoređivati u tom smislu. Čini se, naime, kako se danas baš u ime napretka i pred znanost i pred filozofiju stavljaju neka loša mjerila uspješnosti, vrlo često neprimjerena i za samu znanost i za filozofiju jer na razne načine brkaju produktivnost, isplativost i kvalitetu. Naime, neka su istraživanja ekonomski gledano skupa, ali su ipak potrebna da bi znanstvenik zavirio u neki dio stvarnosti. Izdavanje radova na dnevnoj bazi nije dobar uvjet za podizanje kvalitete društveno-humanističkih disciplina. Broj izrađenih skulptura ne govori ništa o kvaliteti umjetnika, ali broj ispitanika i obilježja uzorka zasigurno govore puno o kvaliteti provedene ankete. No, još gore, u današnjem svijetu može se dogoditi da npr. neki umjetnik na temelju svojih kriterija zaključi kako su filozof i znanstvenik sasvim nepotrebni i beskorisni jer su daleko od razumijevanja ljepote, sklada i svih onih kvaliteta koje

⁴³⁶ Planck (1963), 53.

⁴³⁷ Supek & Furić (1994), 1.

⁴³⁸ Usp. Supek & Furić (1994), 2.

⁴³⁹ Heisenberg (1997), 151.

u sebi svako umjetničko djelo nosi samo po sebi. Takvi bi zaključci bili odraz površnosti i nerazlikovanja zadaća umjetnosti, znanosti i filozofije – njihove zadaće nisu iste⁴⁴⁰. Štoviše, zaključiti da umjetnost ne postoji samo zato što je ne poznajemo, ne razumijemo ili zato što mislimo kako mi na bolji način izražavamo ono što je lijepo nije baš smisleno. Govoriti o korisnosti i beskorisnosti sasvim je druga stvar, ali odgovor na pitanje razdiobe znanosti i tematiziranje korisnosti praktičnih i teorijskih znanosti poznato je još od Aristotela, i u tom se smislu samo nekomu neupućenom može činiti da je metafizika izgubila status i dostojanstvo kraljice znanosti.

To nas vodi do drugoga razloga koji je brojne znanstvenike i filozofe doveo do sasvim suprotnog zaključka od onoga što ga nude Hawking, Mlodinow, Krauss i drugi. Riječ je o poznavanju naravi i granica vlastite discipline. U tom se smislu može puno toga reći. Naime, ukoliko filozofija i jest mrtva jer nije mogla držati korak sa znanošću, nikako ne bi bilo dobro da teorijska fizika nema svoj identitet i da samo loše igra ulogu neke ionako mrtve filozofije, što zapravo i proizlazi iz glavnog cilja spomenute knjige Hawkinga i Mlodinowa, a što je dobro uočio Ellis. Da filozofija nije mrtva pokazuje već ovo promišljanje; a da i jest mrtva, treba odgovoriti koji je bio njezin identitet, ali još više treba otkriti identitet teorijske fizike. O identitetu teorijske fizike i filozofije te o njihovom odnosu na neki način govorimo kroz cijelo ovo istraživanje. No čini se da, unatoč iznesenim razmišljanjima o tome što je znanost i čime se bavi teorijska fizika, može ostati nejasno u čemu je razlika između teorijske fizike i filozofije. Zašto? Vjerojatno stoga što iznesene tvrdnje o teorijskoj fizici uvelike pretpostavljaju da se zna kako je teorijska fizika dio fizike.

Fizika je prirodna znanost koja nastoji oblikovati logičko i sistematično razumijevanje prirodnih fenomena te nas osposobiti da na temelju prošlih iskustava predvidimo buduće događaje. Fizika se posebice posljednjih stotinjak godina uvelike razgranala. Te su pak grane, kao ističu Supek i Furić,

povezane među sobom, tako da su jedne drugima podloga, odvjetak ili dopuna. Ono što se prvo razvilo, mehanika i geometrija, trajno ostaje ishodištem cijele genealogije fizike i znanosti o prirodi uopće [unatoč tome što] svaka grana fizike ima posebnu i poprilično zatvorenu strukturu eksperimenta, pojmova i jednadžbi, po čemu se ne da

⁴⁴⁰ Harman, na svoj način, ističe da jedino filozofija ima takve ambicije da adresira sve vrste objekata i problema, da prema Sokratovim riječima ne pokušava ni reći da posjeduje znanje niti ga želi kao takvo postići. Filozofija se ne predstavlja kao forma znanja, ali nije ni mrtva, već ima zadatak ponuditi nam svojevrstan indirektan pristup stvarima odvojenima od njihovih kvaliteta. Za razliku od filozofije znanost, i po etimologiji vlastite riječi, teži postići znanje o kvalitetama objekata. Usp. Harman (2012), 13–19.

svesti na neku drugu granu, koliko joj god može biti nužna pri mjerenju ili pri tvorbi pojmova⁴⁴¹.

Teorija je formalna baza argumentacije u fizici ali, kako smo istaknuli, uglavnom se služi jezikom matematike. Sve to pak vodi do barem dvije posljedice za teoriju u fizici. Prva posljedica je da su temelji cijele fizike eksperimentalni podaci koji se pokušavaju kvantificirati, a druga da je potrebno razvijati adekvatne matematičke alate⁴⁴². U tom pak smislu, kako je pisao Louis de Broglie, treba precizirati sljedeću nijansu:

Matematička fizika je dubinsko i kritičko ispitivanje teorija fizike umom (duhom) osposobljenim u matematičkim spekulacijama kako bi se dokazivanja poboljšala i učinila točnijima (rigoroznijima), a i kako bi se našle teme za vlastita matematička istraživanja, budući da je fizika često, kao što znamo, vodila geodete u njihovim otkrićima. Teorijska fizika je konstrukcija teorija sposobnih za posvješćivanje eksperimentalnih činjenica i vođenje rada ljudi u laboratoriju: ona zahtijeva, osobito danas, opsežna matematička znanja, ali obično nije djelo pravih matematičara: ona zahtijeva veliko poznavanje eksperimentalnih činjenica i prije svega neku vrstu fizikalne intuicije koju ne posjeduju svi matematičari⁴⁴³.

Tako postaje razvidno da i matematička i teorijska fizika imaju svoj identitet, ali i svoje podrijetlo, odnosno da su dio fizike koja kao prirodna znanost svoje utemeljenje nalazi u empirijskoj provjerljivosti.

Iako je iz gore navedenih Planckovih riječi očito da je fizikalna slika svijeta svojevrsna idealizacija, baš kao što su to modeli kojima se uvelike koristi suvremena kozmologija, iako se suvremena teorijska fizika uvelike služi jezikom matematike koji je na istoj liniji i iako se teorijski fizičar pri oblikovanju novih teorija služi, kako ga je još Toma Akvinski naznačio, zaključivanjem na temelju učinka, ipak suvremena fizika svoje utemeljenje na koncu traži u empirijskoj potvrdi, a te teorije služe vođenju istraživanja kojima je cilj podići razinu empirijskoga utemeljenja. Narav pak teorije, jezika matematike ili modela govori da su u znanosti teorijsko i empirijsko nužno povezani. To za znanost znači dvoje. Prvo, da je temeljni kriterij znanstvenosti tzv. empirijsko utemeljenje. To u okviru teorijske fizike znači da fizika ne isključuje pojam realnosti, odnosno ne isključuje pojam zbije, ali ga ograničava na stvarnost odnosno na fizičku razinu ostavljajući tako ujedno prostor drugim znanostima za istraživanja na drugim razinama. No, razvidno je isto tako da nijedna teorija ne pretpostavlja da su njezini predmeti neki osjeti ili mirisi već fizikalni sustavi što svakako predstavlja produbljenje ljudskog iskustva. Tako astrofizičar samo intelektualno prodire u unutrašnjost zvijezda proučavajući

⁴⁴¹ Supek & Furić (1994), 3.

⁴⁴² Longair (2003), 6.

⁴⁴³ de Broglie (1954), 218.

termonuklearne reakcije, ali se barem nada da njegove teorije imaju realno odgovarajuće predmete i, za razliku od metafizičara, on provjerava svoje teorije suprotstavljajući ih opservacijskim podacima. Dakle, kako to ističe Bunge,

Iako su iskustva različite vrste različite vrste potrebna za testiranje naših fizikalnih ideja, ona ne konstituiraju njihove referente. Intendirani referent bilo koje fizikalne ideje realna je stvar. Ako se ova osobita stvar ne pokaže stvarnom, tim gore po ideju. Realnost ne mari za naše promašaje. Ali ako zanemarimo realnost ili je poreknemo, završavamo odustajući od znanosti i vezani za najgoru moguću metafiziku⁴⁴⁴.

To nas pak dovodi do druge posljedice neodvojivosti teorijskoga i empirijskoga – znanost je po naravi filozofična, kako to ističe C. Norris u svom odgovoru Hawkingu⁴⁴⁵ ili, kako to ističe Bunge, fizičar nije filozofijski neutralan već se, svjesno ili nesvjesno, oslanja na čitav skup filozofijskih načela⁴⁴⁶. Upravo na to su upozorili Planck, Ellis, Stenger, Lindsay, Boghossian⁴⁴⁷ i svi oni koji pozivaju na dijalog znanosti i filozofije. U tom smislu bolje bi bilo i poznavati granice vlastite discipline i izgraditi filozofiju određene discipline koja je adekvatne dubine jer je suvremena fizika, poglavito teorijska fizika, danas pred velikim dvojbama i izazovima budući da su znanstvenici koji se protive filozofiji, kako je to istaknuo Rovelli, prilično nedvosmisleno i prilično izravno, jednostavno površni jer imaju filozofiju za koju misle da je to jedina istinita filozofija, a ne shvaćaju da ih upravo to ograničava, što to ima puno veće posljedice:

Evo primjera: teorijska fizika zadnjih desetljeća nije puno napredovala. Zašto? Pa, mislim da je jedan od razloga upravo taj što je zaglavila u krivoj filozofiji: ideja da možeš napredovati pogađanjem novih teorija i umanjujući značaj kvalitativnog sadržaja prijašnjih teorija. To je tzv. fizika „zašto ne“? Zašto ne proučavati ovu teoriju, ili ovu drugu? Zašto ne drugu dimenziju, drugo polje, drugi univerzum? Znanost nikada u prošlosti nije napredovala na takav način. Znanost ne napreduje pogađanjem. Znanost napreduje pronalaženjem novih podataka ili proučavanjem sadržaja i vidljivih kontradikcija prijašnjih empirijski uspješnih teorija. Zanimljivo, najbolji dio fizike [...] je upravo takav. Trenutna teorijska fizika nije takve vrste. Zašto? Uglavnom zbog filozofijske površnosti trenutnih fizičara⁴⁴⁸.

Na kraju, čini se da kategorička podjela rada na znanstveni i filozofijski nije moguća ni u vrijeme tzv. normalne znanosti, posebice ne u onim periodima kada se disciplina suočava s fundamentalnim problemima, kojih u slučaju suvremene kozmologije nalazimo popriličan broj, kako smo već istaknuli među otvorenim pitanjima⁴⁴⁹. Svako strogo razgraničenje je povijesno,

⁴⁴⁴ Usp. i citat: Bunge (2013), 171.

⁴⁴⁵ Usp. Norris, 2011.

⁴⁴⁶ Usp. Bunge (2013), 168.

⁴⁴⁷ Vidi npr.: Planck (1963), 10; Stenger, Lindsay & Boghossian, 2015.

⁴⁴⁸ Rovelli, 2014b.

⁴⁴⁹ Smolin, ono što smo mi raščlanili, ističe kao pet temeljnih problema teorijske fizike. Vidi: Smolin (2007), 3–17.

metodološki i pragmatično neutemeljeno i za znanost i za filozofiju, no autonomija je nužna⁴⁵⁰ – znanost i filozofija su pozvane na suradnju, na dijalog, na komplementaran pristup predmetu istraživanja. Pri očuvanju te autonomije za teorijsku fiziku je važno ono što je u svom odgovoru S. Hawkingu istaknuo C. Norris, a što M. Longair sažimlje na sljedeći životopisan način:

Neki bi voljeli vjerovati da se sva teorijska fizika može proizvesti čisti razumom, ali oni su osuđeni na neuspjeh od samoga početka. Velika ostvarenja teorijske fizike čvrsto su utemeljena na uspjehu eksperimentalne fizike, koja osigurava moćna ograničenja fizikalne teorije. Stoga bi svaki teorijski fizičar trebao posjedovati dobro i sistematično razumijevanje metoda eksperimentalne fizike, ne samo stoga da teorija može konfrontirati eksperiment na smislen način već stoga da se mogu predložiti novi ostvarivi eksperimenti koji mogu poslužiti demarkaciji među suparničkim teorijama⁴⁵¹.

Iako kroz povijest znanosti matematika i eksperiment nisu uvijek bili u suglasju u smislu da je ponekada trebalo čekati da se razvije matematički alat, a ponekada nije bilo dostupnog eksperimenta za matematičke modele, ipak je slučaj s matematičkom fizikom, odnosno s uporabom matematike u fizici, uvelike identičan. Iako je ljepota matematičke teorije iznimno privlačna, ipak empirijsko utemeljenje zahtijeva sama narav fizike.

U tom se pak smislu čini da se iza tvrdnji o smrti filozofije zapravo nalaze ideje koje na kraju vode redefiniranju prirodne znanosti. Stoga se jedan od značajnih doprinosa filozofije fizici sastoji upravo u iznimno važnom zadatku preispitivanja zapravo njezine vlastite filozofije⁴⁵². Nastavak ovoga istraživanja dio je toga nastojanja kojemu je cilj, između ostalog i očuvanjem vlastitih identiteta znanosti i filozofije, otkriti na koji način trebamo razumjeti suvremenu kozmologiju ukoliko se želi približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa.

⁴⁵⁰ Usp. Harman (2012), 14.

⁴⁵¹ Longair (2003), 6.

⁴⁵² Usp. Bunge (2013), 167.

III. SUVREMENA KOZMOLOGIJA – EMPIRIJSKA DISCIPLINA

Suvremena kozmologija je određena kao empirijska disciplina, ali upravo se to određenje često dovodilo i dovodi u pitanje⁴⁵³. Razlozi te upitnosti proizlaze iz dva izvora vezana uz temeljni kriterij znanstvenosti, tj. empirijsko utemeljenje. Naime, postoje ograničenja s kojima se suvremena kozmologija suočava pri stjecanju vlastita empirijskog utemeljenja. Riječ je o ograničenjima tehničke naravi; neprecizna ili nedovoljno razvijena tehnologija ili metoda što dovodi do izostanka empirijskog utemeljenja. Zatim o ograničenjima koja proizlaze iz naravi njezina predmeta. Naime, upravo jedinstvenost i specifičnosti predmeta suvremene kozmologije uzrokuju ograničenja opservacije, nemogućnosti eksperimentalnog pristupa. Na kraju, suvremena kozmologija suočava se i sa specifičnom naravi modela kojima se služi. Na ograničenja tehničke naravi donekle se može utjecati, no ostala ograničenja su nešto što se ne može mijenjati i što će i kozmologiju sutrašnjice činiti posebnom. Štoviše, upravo ta i takva ograničenja suvremenu kozmologiju, u odnosu na druge empirijske znanosti, čine posebno filozofičnom⁴⁵⁴, kao što su upozorili filozofi i znanstvenici poput K. R. Poppera, R. Harréa, S. Toulmina, G. F. R. Ellisa, H. Kragh i brojni drugi⁴⁵⁵.

Već rasprava o temeljnim obilježjima znanosti otvara cijeli niz filozofijskih problema i pitanja (kao što su npr. znanstvena metoda, empirijsko utemeljenje, objektivnost, vjerojatnost, zakoni, realizam, antirealizam itd.), pa ipak dobar početak ove rasprave ono je što barem smatramo općeprihvaćenim određenjem znanosti, a na tom tragu je i razumijevanje suvremene kozmologije kao discipline na Popperovoj liniji općenitoga razumijevanja znanosti. U tom kontekstu, specifikum suvremene kozmologije kao empirijske znanosti uočava se u odnosu na temeljno obilježje same empirijske znanosti – provjerljivost (*testability*) koja je određena kao falsifikacija ili verifikacija hipoteze, teorije ili modela empirijskim sadržajem. U tom smislu nameću se barem dva pitanja. Prvo pitanje odnosi se na granice empirijskoga utemeljenja suvremene kozmologije, poglavito u odnosu na ograničenja provjerljivosti. Drugo je pak pitanje

⁴⁵³ Sažet povijesni pregled razvitka spomenute kritike od 1870. do 1970. donosi Kragh, 2007b.

⁴⁵⁴ U samom uvodu ovoga rada naznačili smo kako je kozmologija uistinu posebna u odnosu na druge znanosti. No uz suvremenu kozmologiju postoji cijeli niz znanstvenih disciplina koje su možda definirane i kao empirijske discipline za koje, iako u manjoj mjeri, vrijedi da uvijek ostaje „nešto“ što se ne može obuhvatiti eksperimentom, neki specifikum. Stoga se doprinosi ovoga istraživanja (u nekim vidovima) mogu protegnuti i pokazati korisnima i za npr. geofiziku, meteorologiju, klimatologiju, sociologiju, psihologiju, ekonomiju itd.

⁴⁵⁵ Vidi npr. Kragh, 2012b; Toulmin, 1985; Kragh, 2007b.

ono o odnosu postojećeg empirijskog utemeljenja s kozmološkim modelima kao temeljnim instrumentom suvremene kozmologije. Riječ je o tehničkim pitanjima koja ujedno predstavljaju temeljne odrednice suvremene kozmologije iz kojih možemo iščitati mogućnost ili nemogućnost realnog ostvarenja suvremene kozmologije kao isključivo empirijske znanosti⁴⁵⁶.

Sam specifikum suvremene kozmologije, dakle, čini suvremenu kozmologiju različitom od drugih empirijskih disciplina (što ne znači ne-znanstvenom), a njezinu suradnju s filozofijom neizbježnom⁴⁵⁷. Naime, kako uspjeh znanosti ne bi ostao na razini čuda, nužno se zadržati u okvirima znanstvenog realizma⁴⁵⁸ i znanstvene teorije (odnosno modele) empirijski utemeljiti. Budući da znanost ne utemeljuje samo znanstvena metoda i analiza već i njezino kritično promišljanje, uključujući i maštu, estetsku domenu pa i spekulacije, filozofija u promišljanju znanosti, njezina sadržaja i razvoja nalazi svoje prirodno mjesto. Komplementarnost filozofije i znanosti se u tom smislu nameće i u svjetlu suvremene kozmologije kao optimalna strategija razumijevanja i njezine naravi, kao i sadržaja njezinoga znanja. Dakle, umjesto nijekati značaj i važnost filozofije za suvremenu kozmologiju, korisnije bi bilo pažljivo promisliti odnos suvremene kozmologije shvaćene kao empirijske discipline i filozofije, uz posljedično razvijanje filozofije kozmologije adekvatne dubine⁴⁵⁹. Ovo poglavlje je prilog toj ideji.

1. Suvremena kozmologija – empirijska disciplina

1.1. Određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline

U suvremenom je svijetu znanost, sa svim svojim disciplinama, nedvojbeno središnja i neizostavna sastavnica svake kulture⁴⁶⁰. No, usprkos toj sveprisutnosti, znanost i njezine temeljne značajke nije moguće niti jednostavno niti jednoznačno odrediti. Iz brojnih pokušaja definiranja znanosti vidljivo je da ne postoji neka opće prihvaćena formulacija koja obuhvaća i izriče srž znanosti u svim njezinim bogatim varijacijama⁴⁶¹. Određenje znanosti kroz povijest se razvijalo, od Aristotela do današnjih dana, i jasno je kako je to određenje moguće ponuditi

⁴⁵⁶ Vidi: Ellis, 2006b; Ellis, 2014.

⁴⁵⁷ Vidi: Harré, 1962; Ellis, 2014; Zinkernagel, 2014.

⁴⁵⁸ Usp. Scheibe (2000), 40.

⁴⁵⁹ Usp. Ellis (2014), 7.

⁴⁶⁰ Usp. Agassi (2004), 259; O'Hear (2007), 11.

⁴⁶¹ Usp. Kragh (2012a), 6.

na više razina i u više oblika, u širokim potezima od njezina užega (čvršćega) do najširega (otvorenijeg) smisla:

- u najširem smislu znanost možemo odrediti kao skup svih metodički stečenih i uobličenih znanja te djelatnošću kojom se stječu takva znanja;
- u užem smislu kao skup svih metodičko stečenih znanja dobivenih nekom od znanstvenih metoda te racionalnom djelatnošću predviđanja i objašnjenja pojava u okolini koja se ostvaruje podvođenjem pojedinih pojava pod univerzalne zakone;
- u najužem smislu znanost je izučavanje fizičkog svemira i njegovih sastavnica motrenjem (promatranjem; opservacijom), mjerenjem i eksperimentima koji se mogu ponoviti kako bi se ustanovili, potvrdili ili pojasnili zakoni kojima se objašnjava međudjelovanje sastavnica.

Na sličan način, znanost bi mogli promatrati kroz njezina dva temeljna aspekta:

- kao onu koja je izravno korisna, tzv. praktična znanost;
- kao intelektualni studij, tzv. čista znanost⁴⁶².

No, kakav god odgovor ponudili, razvidno je da će on uvijek dolaziti iz više perspektiva, biti višeslojan i obuhvatan u najrazličitijim povijesnim i epistemološkim dimenzijama znanosti. Ovu širinu pokušao je sažeti Ule, vidjevši svu mnogobrojnost i složenost obitelji znanosti, posredovanjem triju dimenzija:

ravni teorijske strukturiranosti (visoka, niža), ravni metodološke strukturiranosti (visoka, niža), empirijske i ne-empirijske znanosti. S obzirom na te tri (binarno razdijeljene) dimenzije [...] podskupine znanosti [su]: *visoko teorijsko i metodološki strukturirane empirijske znanosti* (npr. fizika), *visoko teorijski i metodološki strukturirane ne-empirijske znanosti* (npr. matematika), *visoko teorijski strukturirane, niže metodološki strukturirane empirijske znanosti* (npr. teorijska sociologija), *visoko teorijski strukturirane i metodološki niže strukturirane ne-empirijske znanosti* (npr. filozofija), *niže teorijski strukturirane i visoko metodologijski strukturirane empirijske znanosti* (npr. povijesne nauke), *niže teorijski strukturirane i visoko metodologijski strukturirane ne-empirijske znanosti* (npr. formalna heuristika), *niže teorijski i metodološki strukturirane empirijske znanosti* (npr. znanosti u nastajanju), te *niže teorijski i metodološki strukturirane ne-empirijske znanosti* (npr. zamci novih teorija)⁴⁶³.

Nesumnjivo je kako je moguće izdvojiti još primjera klasifikacija znanosti, ali navedene klasifikacije predstavljaju pogodno tlo za određenje naravi suvremene kozmologije. Naime, nama je važno uočiti da se prema suvremenim klasifikacijama znanosti suvremena kozmologija određuje kao empirijska disciplina astrofizike koja »proučava opće zakonitosti svemira,

⁴⁶² Usp. Domazet (2012), 1285–1286; Campbell (1952), 1–16; Lelas & Vukelja (1996), 7–18.

⁴⁶³ Ule (1996), 25.

njegove građe, podrijetla i razvoja [a] obuhvaća i kozmogoniju [...] tj. proučavanje nastanka svemirskih tijela»⁴⁶⁴. U tom smislu, u kontekstu prve istaknute podjele, suvremena kozmologija ubraja u potonju (najužu) kategoriju, dok se pak u drugoj kategorizaciji ubraja među visoko teorijski i metodološki strukturirane empirijske znanosti.

U svjetlu spomenutih klasifikacija važno je utvrditi da se suvremena kozmologija bavi raspodjelom i gibanjem zračenja, galaksija, radio izvora i drugih astronomskih objekata te, uzimajući u obzir podatke dobivene opažanjem, promišlja prirodu i povijest, uključujući pitanje o početku dinamičkoga univerzuma. Suvremena kozmologija se, dakle, bavi proučavanjem predmeta koji je u neprekidnoj mijeni. Doduše, istraživanja suvremene kozmologije još uvijek su nedovršena i nepotpuna kako glede nastanka i razvoja drugih galaksija tako glede nastanka i razvoja naše vlastite galaksije, pa ipak suvremena kozmologija na temelju podataka dobivenih opažanjem pokušava ponuditi što točniju analizu onoga što možemo vidjeti u udaljenim područjima, ali i ponuditi objašnjenja kako su se ta područja razvila do sadašnjih stanja. Sve su to važne informacije o okruženju u kojem se pojavio život⁴⁶⁵.

S obzirom na spomenutu sveobuhvatnost suvremene kozmologije, razvidnu u širini njezinih domena koje zahvaćaju ne samo pitanje o početku i razvoju fizičkoga svemira već i pojavu i razvoj samoga života, suvremena kozmologija nedvojbeno razapinje spoznajni okvir koji je od interesa i drugim znanosti, a i samoj filozofiji. No, uz sve te napore, složenost i specifičnost samoga predmeta istraživanja, ako ga uopće možemo nazvati predmetom u klasičnome smislu, suvremenoj kozmologiji pridijeva obilježja i moderne prirodne znanosti i filozofije koji nisu uklonjivi pukim određenjem znanosti kao empirijske znanosti. Naime, iako bismo poučeni (apokrifnom) pričom o Laplaceu, koji je dometnuo da u svojoj nebeskoj mehanici nema potrebe za drugim pretpostavkama osim onih fizičkih, mogli prigovoriti da neka pitanja u kontekstu suvremene kozmologije ne moramo postavljati, ipak to ne znači da je infiltracija filozofijskih ili religijskih pojmova strana suvremenoj kozmologiji⁴⁶⁶, kao što niti samoj filozofiji niti prirodnoj znanosti nije strana teškoća preciznoga povlačenja razgraničenja između znanstvenog i filozofijskog.

⁴⁶⁴ Vujnović, (2010), 234.

⁴⁶⁵ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 3.

⁴⁶⁶ Usp. Kragh (2007a), 242–243.

1.2. Empirijska znanost – temeljna obilježja

Suvremenu kozmologiju smo odredili kao empirijsku disciplinu, odnosno kao visoko teorijski i metodološki strukturiranu empirijsku znanost, ali istaknute su i određene teškoće oko jednoznačnog određenja. Stoga, da bismo bolje razumjeli kakav je to specifikum suvremene kozmologije u odnosu na netom izneseno određenje te vidjeli treba li u to sumnjati, valjalo bi ponuditi preciznije određenje empirijske znanosti. No, već je na početku sasvim jasno kako ni taj pokušaj nije bez svojih teškoća. Svakako, prvo što treba zapaziti je općeprihvaćeno mišljenje prema kojem bi empirijska znanost trebala biti takav (logički) sustav koji predstavlja samo jedan svijet, realan svijet, tj. svijet našega iskustva⁴⁶⁷. Za ovu kratku tvrdnju koja (empirijsku) znanost smješta u kontekst realizma možemo reći da, s jedne strane, ona osigurava kontekst u kojem je znanstvena rasprava smisljena, pa i sama znanost uopće moguća ali, s druge strane, da je ona izvoriste brojnih filozofijskih pa i znanstvenih rasprava. Naime, u povijesnom razvitku kozmološke misli i teorija uočili smo da se pitanje o čovjekovoj mogućnosti spoznaje prirode postavljalo već od prvih filozofijskih rasprava o prirodi. U tom smislu, u povijesti filozofije poznate su brojne rasprave i argumenti za i protiv (znanstvenoga) realizma, pa ipak je upravo taj stav iznimno dobro prihvaćen jer predstavlja svojevrsnu prirodnu, tzv. zdravorazumsku poziciju⁴⁶⁸. No, to ne mijenja činjenicu da je samo pitanje realizma (njegove taksonomije, ali i antirealističkih prijedloga) ipak ponešto složenije filozofijsko pitanje. Naime, kako to vidi Michael Devitt,

realizam se uglavnom tematizira u kontekstu metafizike, no realizam je pomalo i epistemičan i semantičan: svijet mora biti neovisan od našega znanja o njemu i od naše mogućnosti da se na njega referiramo. Stoga barem toliko epistemologije i semantike mora biti uključeno da bi se govorilo o realizmu⁴⁶⁹.

Međutim, kako nastavlja Devitt, u znanosti pa i u našem svakidašnjem životu realizam je prirodna pozicija, odnosno

od ranog djetinjstva dolazimo do uvjerenja da objekti poput kamenja, mačaka, i drveća postoje. Nadalje, mi vjerujemo da ti objekti postoje čak i onda kada ih ne vidimo, te da njihovo postojanje ne ovisi niti o našem mišljenju niti o bilo čemu mentalnome. Taj se realizam o svakodnevnim objektima potvrđuje iz dana u dan iskustvom. To je središnji stav našeg cjelokupnog pogleda na svijet, sama srž zdravog razuma. S obzirom na tako snažnu poziciju realizma, trebali bismo ga

⁴⁶⁷ Usp. Popper (2002b), 16–17.

⁴⁶⁸ Dobar uvod rasprave i pregled temeljnih rasprava za i protiv znanstvenog realizma donosi McMullin (2002), 248–281.

⁴⁶⁹ Devitt (1997), 4. Vidi i: Devitt (2010), 31–56.

napustiti samo u slučaju postojanja iznimno moćnih argumenata protiv njega a u prilog alternativni. Takvi argumenti ne postoje. To zaključuje slučaj realizma⁴⁷⁰.

No, argumenti protiv realizma postoje, iako se oni ne odnose na područje „svakodnevnih objekata“ o kojima govori Devitt. Naime, za razliku od svakidašnjeg iskustva svijeta i njegovih entiteta poput stolova, drveća i mačaka, koji su izravno *promotrivi* entiteti, moderna znanost uglavnom se bavi tzv. *nepromotrivim* entitetima, poput elektrona, kvarkova i crnih rupa, koji nisu dostupni izravnome promatranju, nego o njima zaključujemo temeljem dugih lanaca zaključivanja na podatke koje dobivamo u pravilu posredovanjem manje ili više sofisticiranih eksperimentalnih i opažачkih instrumenata. Ova distinkcija opažljivog/neopažljivog u srži je rasprava za i protiv znanstvenog realizma koji se svodi na temeljno pitanje: što nam zapravo znanstvene teorije govore o svijetu? Iako postoji mnoštvo njihovih različitih podtipova,⁴⁷¹ odgovore na ovo pitanje možemo svrstati u tri najzastupljenije kategorije:

- Znanstveni realizam: znanstvene teorije su istinite reprezentacije samoga svijeta kakav on jest, na razini promotrivih i nepromotrivih entiteta. Iako, kao što je spomenuto, postoje različiti oblici znanstvenog realizma, u konačnici se može sumirati da će realisti u pogledu nekog entiteta *x* prihvatiti

metafizičku tezu da *x*-ovo postojanje i *x*-ovo posjedovanje nekog niza svojstava ne ovisi o nama, našim teorijama, pojmovnoj shemi ili jeziku; epistemološku tezu da možemo misliti i imati znanje o samom *x*-u te barem nekima od svojstava koje *x* stvarno ima; te semantičku tezu da sadržaji naših misli i rečenica koji se tiču *x*-a mogu biti istiniti te da istinitost toga što mislimo ili toga što kažemo o *x*-u ovisi isključivo o tome kako su stvari s *x*-om posložene u svijetu izvan i nezavisno od nas. Svakoga tko osporava neku od tih teza u pogledu *x*-a moglo bi se klasificirati kao antirealista (u pogledu *x*-a)⁴⁷²;

- Instrumentalizam: termini koji se odnose na nepromotrive entitete u znanstvenim teorijama nisu referentni u smislu doslovnog odraza stvarnosti, već su svojevrсни „instrumenti“, formalno-konceptualna oruđa za deskripciju, predikciju i sistematizaciju. U srži instrumentalističkog stava nalazi se ideja po kojoj se vrijednost teorija ne nalazi u tome jesu li istinite ili nisu istinite već u njihovoj instrumentalno-formalnoj korisnosti.
- Konstruktivistički empirizam: znanstvene teorije nam daju empirijske adekvatne (*empirically adequate*) opise svijeta koji međutim ne moraju nužno biti i istiniti. U tom

⁴⁷⁰ Devitt (2010), 104.

⁴⁷¹ Vidi: Moser (2004), 85; Devitt, 2010; Devitt, 1997; French (2007), 90–121; Lelas, 1990.

⁴⁷² Dožudić (2013), 226–227.

smislu, znanstvene su teorije ograničene na opise onoga što je u načelu promotljivo i dostupno iskustvu, dok na razini nepromotljivosti zadržava agnostičku poziciju⁴⁷³.

Iako rasprave za i protiv znanstvenog realizma još uvijek traju, postoji određeno suglasje, poglavito iz pozicije samih prirodnih znanosti, da je znanstveni realizam zaista pretpostavka koja omogućava daljnju smislenu raspravu te ujedno najbolje moguće objašnjenje znanstvenoga napretka, kako je to tvrdio Popper, a također da je s filozofske pozicije on najkonzistentnija pozicija⁴⁷⁴. Usprkos valjanim kritikama i brojnim teškoćama u koje je znanstveni realizam stavljen, čini se da je, kako se slikovito izrazio H. Putman, najpozitivniji argument za znanstveni realizam taj »da je to jedina filozofija koja uspjehe znanosti ne pretvara u čuda«⁴⁷⁵.

Nadalje, u utvrđivanom kontekstu empirijsku znanost možemo promatrati iz kuta dvaju nužnih i neodvojivih obilježja koja recentna literatura određuje kao znanosti svojstven cilj istraživanja i pristup predmetu istraživanja znanstvenom, tj. empirijskom metodom. Pojednostavljeno govoreći to su dvije sastavnice koje bi empirijskoj znanosti trebale osigurati put sigurnoga stjecanja znanstvene spoznaje (istine), koja će biti obilježena objektivnošću te će moći ponuditi objašnjenja i imati snagu predviđanja. Dvije spomenute sastavnice su neodvojive, a povezuje ih temeljni kriterij znanstvenosti, empirijsko utemeljenje, odnosno empirijska provjerljivost (*testability*) u smislu falsifikacije i verifikacije, tj. empirijske adekvatnosti (*empirical adequacy*).

Pobliže gledano, kada govorimo o visoko teorijski i metodološki strukturiranim empirijskim znanostima, tada je neupitno da one predstavljaju metodičku spoznajnu djelatnost. No, pojam „znanstvene spoznaje“ je, kao i sam pojam „znanosti“, složena i otvorena tema, ako ne u samoj djelatnoj znanosti onda zasigurno u filozofiji znanosti. Ovdje ne možemo ulaziti u sve aspekte ili navoditi sve probleme o ovoj iznimno važnoj temi, ali možemo ukratko reći da je znanstvena spoznaja, u netom spomenutom kontekstu, vezana uz najmanje dva obilježja: znanstvenu metodu i znanstveno objašnjenje. I jedno i drugo obilježje, u nekom obliku, naglasak stavljaju na empirijsko utemeljenje, tj. proces falsifikacije ili verifikacije⁴⁷⁶. Naime, svojstvo koje

⁴⁷³ Usp. French (2007), 92, 105–111.

⁴⁷⁴ Vidi: Dožudić (2013), 231–236, 242.

⁴⁷⁵ Citat preuzet od: French (2007), 93–94.

⁴⁷⁶ Usp. Ule (1996), 25–31.

možemo pridodati znanosti kao spoznajnoj djelatnosti jest sustavnost koja se očituje u »konzistentnom sustavu podataka (sakupljenih činjenica), u konzistentno i empirijski potkrijepljenim teorijama, u teorijski potkrijepljenim znanstvenim objašnjenjima, u sustavu tehnika promatranja i eksperimenata, te u sustavnom prijenosu znanja u izvanznanstvena područja djelatnosti«⁴⁷⁷. Očito je, dakle, da je i u kontekstu sustavnosti naglasak u konačnici stavljen na empirijsko utemeljenje, tj. znanstveno objašnjenje shvaćeno kao »postupak koji sustavno povezuje teorijske spoznaje, posebice zakone s podacima što ih dobivamo promatranjem i eksperimentima«⁴⁷⁸.

Znanstveno objašnjenje usko je vezano s postavljanjem novih hipoteza i formuliranjem novih znanstvenih zakona koji moraju biti podvrgnuti iskustvenoj provjeri, falsifikaciji ili verifikaciji. Verifikacija je moguća samo u odnosu na singularne i egzistencijalne iskaze, dok je falsifikacija moguća u odnosu na singularne i opće iskaze. No, verifikacija je moguća samo do određenog stupnja, odnosno, ona dopušta mogućnost daljnjih istraživanja tek u smislu osnaženja stupnja potvrde nekog znanstvenog iskaza. Naime, potkrepljivanje znanstvenih iskaza, kako ga je razumio Popper, predstavlja oštrinu testova kojima je znanstvena zajednica do danog trenutka pokušavala opovrgnuti opći iskaz, odnosno, ono označava relativnu čvrstoću znanstvenog iskaza s obzirom na njegove potencijalne falsifikatore. Stoga na razini demarkacije znanstvenih od neznanstvenih teorija, kako je to isticao sam Popper, falsifikacija se može smatrati i kriterijem provjerljivosti jer testirati teoriju znači pokušati pronaći njezine slabe točke i pokušati je opovrgnuti⁴⁷⁹. Bez ulaska u raspravu o falsifikaciji i verifikaciji, možemo reći da su te metode međusobno povezane, da one omogućavaju procjenjivanje stupnja pouzdanosti znanstvenih iskaza, ali isto tako da su relativne, odnosno, da ovise o resursima koji su u danom trenutku na raspolaganju znanstvenoj zajednici. Ipak, ti postupci odlučivanja i procjenjivanja omogućuju znanostima relativno čvrstu i logički konzistentnu strukturu njihovih spoznajnih rezultata, čime se posredno ocrtava slika stvarnosti (zbilje, svijeta) i postavlja ontološko bitna teza o tome što postoji⁴⁸⁰. Upravo stoga tema kriterija znanstvenosti predstavlja središnju temu filozofije znanosti, a kriteriji znanstvenosti, osobito empirijska potvrda, tj. empirijsko utemeljenje, predstavljaju prijeko potreban, ali istovremeno i granični pojam empirijske znanosti. Na koje

⁴⁷⁷ Ule (1996), 26.

⁴⁷⁸ Ule (1996), 26.

⁴⁷⁹ Usp. i detaljnije o falsifikaciji vidi Popper (1996), 88–89.

⁴⁸⁰ Usp. Ule (1996), 27–29.

se sve načine empirijska potvrda pojavljuje kao granični pojam istaknut ćemo u pogledu cilja znanosti i empirijske metodu.

1.2.1. Cilj znanosti i empirijsko utemeljenje

S tvrdnjom da je cilj znanosti otkrivanje istine o prirodnom svijetu, pojednostavljeno gledano, složili bi se zagovornici različitih pristupa znanosti. Činjenica je pak da je traganje za istinom, tradicionalno shvaćenom kao korespondencija uma i stvarnosti⁴⁸¹, staro koliko i čovjek. No, to se traganje pokazalo iznimno složenim pa je jedno od temeljnih filozofijsko-znanstvenih pitanja: što se uopće podrazumijeva pod istinom? Naime, istina se tipično ubraja u filozofijska pitanja, ali sasvim očito nije jednostavan i proziran, već složen pojam sastavljen od više isprepletenih sastavnica te ju je stoga filozofijski teško raščlaniti. Iako o istini znanost ima malo toga reći jer istina nadilazi obzor njezinih problema⁴⁸², ipak upravo su borba za znanjem i traganje za istinom najjači motivi znanstvenoga rada⁴⁸³. Tako pitanje istine predstavlja izričit susret filozofije i znanosti koji implicira komplementaran pristup istraživanju zbilje, a započeti očito valja od samog pitanja što se pod pojmovima „zbilje“, „znanstvenog cilja“ i „istine“ uopće misli. Tako dolazimo do zaključka da filozofijska analiza prethodi svakom dobrom istraživanju, kako bi rekao J. Pieper, odnosno pojavi nove paradigme, kako bi rekao Kuhn⁴⁸⁴.

U kontekstu empirijske znanosti opće je prihvaćeno da znanstveno znanje mora biti obilježeno s najmanje dvije kvalitete, a to su empirijsko utemeljenje, tj. empirijska potvrda (točnost) i teorijska prikladnost (mogućnost formiranja drugih empirijskih iskaza)⁴⁸⁵. Međutim, istinitost znanstvenih hipoteza i teorija u smislu empirijske točnosti i teorijske prikladnosti vremenski je ovisna i povijesno relativna osobina. Naime, empirijska točnost ovisna je o preciznosti promatranja i mjerenja, što je povijesno kontingentna kategorija, pa se s poboljšanjem mjerenja ili preciznijim promatranjem nužno dolazi do opovrgavanja teorija⁴⁸⁶. Stoga se može se reći

⁴⁸¹ Riječ je o korespondencijskoj teoriji istine koja korijene vuče još od Aristotela prema kojoj je istina poklapanje suda sa stvarnosti, odnosno neki sud je istinit ako postoji neka činjenica ili stanje stvari koje odgovara onom što sud izriče. Ili, kako kaže sam Aristotel, „reći da nije ono što jest ili da jest ono što nije, lažno je; a reći da jest ono što jest, a da nije ono što nije, to je istinito“ (*Metafizika*, 1011b25).

⁴⁸² Usp. Pivčević (2002), 12, 164.

⁴⁸³ Usp. Popper (2002b), 280.

⁴⁸⁴ Usp. Pieper (2012), 7; Kuhn (2013), 102.

⁴⁸⁵ Usp. O'Hear (2007), 13; Ule (1996), 8.

⁴⁸⁶ Usp. Ule (1996), 8.

kako se glede istine o naravi stvari nismo odmakli dalje od Aristotelova vremena⁴⁸⁷, ili opet da se istina i ne može „otkriti“, ili da teorija ne mora biti istinita već samo empirijski adekvatna (*empirically adequate*)⁴⁸⁸. Popper je govorio da se (apsolutnoj) istini možemo samo približiti⁴⁸⁹, a u tom smislu D. Bohm dodaje da je otkrivanje istine u znanosti beskrajn proces⁴⁹⁰. Slažemo se s obojicom.

Postaje li čovjek na koncu vlasnik neke vječne istine ili ne? Pitanja su to koja moramo ostaviti za neko drugo mjesto. Ipak, možemo reći da je znanost neumorno traganje za istinom, definirane u njezinom znanstvenom smislu. Također, očito je da »obična ideja istine, u smislu da su stvari takve kako se za njih kaže da jesu, ideja za koju svi vjerujemo da je razumijemo bez ikakvih teškoća, ima složenu podstrukturu [odnosno] stvari su takve kako se za njih kaže da jesu samo pod izvjesnim uvjetima [...]«⁴⁹¹. Ako istina ima svoju podstrukturu, onda je još više ima i sama zbilja pa ne čudi da o zbilji možemo govoriti iz brojnih perspektiva, tj. područja valjanosti koje pokriva naša spoznaja. Isto tako, sigurno je da se u kontekstu empirijske znanosti istina poistovjećuje sa znanstvenom spoznajom (znanstveno spoznatim) ili znanstvenim znanjem te da u tom smislu ona mora biti potvrđena, verificirana (ili falsificirana), tj. empirijski utemeljena, odnosno empirijski točna.

No, želi li znanstvenik uistinu razumjeti zbilju, očito će joj morati pristupiti iz više perspektiva sa sviješću o granicama vlastite spoznaje i dometima vlastite discipline. Riječ je o dva vida funkcioniranja znanosti. Najprije o tome što znanstveno znanje uobičajeno ima sebi pridruženo područje valjanosti. Odnosno, nešto je precizno i točno pod određenim uvjetima u kojima se stvari koje ne razumijemo procjenjuju zanemarivima. Drugo, za posve nepoznato područje istraživanja znanstvenik mora ponuditi konkretne ideje, postulate, hipoteze ili specifične istraživačke modele. Katkada će dobro znati da model nije sasvim prikladan, ali će se iz njega dobiti barem malo uvida u sasvim nepoznatu domenu. To je teorijska, možemo reći i

⁴⁸⁷ Usp. Rosenberg (2005), 145–146.

⁴⁸⁸ Usp. Agazzi & Pauri (2000), 4.

⁴⁸⁹ Usp. Ule (2003), 11.

⁴⁹⁰ Usp. Ule (2003), 19.

⁴⁹¹ Pivčević (2002), 188. Pod sastavne uvjete istine autor stavlja: ideju svijeta koji je izvanjski u odnosu na propozicionalnu misao, ideju izvjesnosti onoga o čemu se može suvislo dvojiti i ideju objektivnosti. Vidi: Isto, str. 169.

filozofijska, strana znanosti i u tom slučaju znanost nema izvjesnost koju slika znanstvenika u bijelim kutama često izaziva⁴⁹².

1.2.2. Znanstvena metoda i empirijsko utemeljenje

Znanstvena metoda je neizostavna karika u pokušaju objašnjavanja što to znanost radi, tj. na koji način dolazi do svojih rezultata, do znanstvenoga znanja. Nije stoga nimalo nevažno pitanje: što je znanstvena metoda? Koja su joj temeljna obilježja? Postoji li neka univerzalna znanstvena metoda ili ih je više? U tom smislu, postoji li razlika između znanstvene metode kojom se koriste empirijske znanosti od znanstvenih metoda nekih drugih znanosti? U čemu je zapravo razlika? To su pitanja stara koliko i sama znanost.

Znanstvena metoda dugo je smatrana nekim utabanim procesom stjecanja znanstvenoga znanja, ali s vremenom su se pojavile ozbiljne sumnje s obzirom na takvo shvaćanje znanstvene metode⁴⁹³. Naime, iako znanstvena metoda nije izgubila na značaju, rijetko tko među filozofima i znanstvenicima smatra da je riječ o nekom točno određenom univerzalnom procesu. Vjerojatno bi se svi složili o tome kako govoriti o znanstvenoj metodi znači govoriti o postupku, o koracima znanstvenoga istraživanja uz pomoć kojih se stječe (objektivno) znanje (istina) o nekom predmetu ili pojavi. Tekstovi koji pokušavaju objasniti znanstvenu metodu kao proces znanstvenoga istraživanja donose kraći ili duži popis koraka znanstvenoga istraživanja. Uglavnom je riječ o četiri do sedam koraka koje prepoznamo i kao temeljna obilježja znanstvene metode: definiranje problema, skupljanje općih podataka, formiranje hipoteza, opažanje, testiranje hipoteza, formiranje zaključka i prenošenje rezultata⁴⁹⁴. Navedeni popis najčešći je i najjednostavniji prikaz onoga što se smatra znanstvenom metodom u smislu procesa znanstvenog istraživanja.

Međutim, razumijevanje znanstvene metode mijenjalo se od Bacona i Galileija preko Poppera pa do današnjih dana. Sama znanstvena metodologija se u prošlosti razvijala uglavnom borbom dvaju suprotnih orijentacija, empirijsko-induktivne (F. Bacon, J. S. Mill) i racionalističko-

⁴⁹² Usp. Majid (2013), 10.

⁴⁹³ Usp. Kožnjak (2013), 50.

⁴⁹⁴ Usp. McComas (2002), 57–58. McComas na istom mjestu ističe da je navedeni popis najvjerojatnije prihvaćen iz dva razloga. Prvo, Keslar (1945.) je znanstvenicima na procjenu predao upitnik s popisom obilježja vezanih uz znanstveno istraživanje koja su rangirana logičkim redom, taj je popis brzo prenesen u udžbenike kao sredstvo pomoću kojeg se objašnjava funkcioniranje znanosti. Drugi razlog se nalazi u načinu na koji se rezultati istraživanja prezentiraju pomoću tzv. istraživačkoga plana. Vidi i: O'Hear (2007), 13; Ule (1996), 28–29.

deduktivne (R. Descartes, G. W. Leibniz). Danas prevladava shvaćanje da je znanstvena metoda i empirijsko-racionalna i induktivno-deduktivna. To znači da prikupljanje i selekcioniranje iskustvenih činjenica treba biti vođeno racionalnom hipotezom, i obratno, deduktivni modeli moraju dopuštati iskustvenu interpretaciju i primjenu.

No pojam „metode“ je puno širi i u znanstvenom se diskursu odnosi na cijeli niz pristupa predmetu. Naime, opće poznato je da se znanost osim indukcijom i dedukcijom koristi brojnim drugim metodama: analizom, sintezom, deskripcijom, komparacijom, definiranjem itd. Brojne metode kojima se znanost koristi možemo podijeliti u najmanje dvije skupine: racionalne (spekulativne ili logičke, opće) i empirijske (tehničke, specifične). Racionalne metode su dio svih znanosti i predmet su opće metodologije – mjesto nužnoga susreta filozofije i svake znanosti. Empirijske metode se pak razlikuju od područja do područja i to najčešće u tehnološko-izvedbenom smislu. Opće metode bi znanosti trebale osigurati jasnoću, logičku dosljednost, objektivnost, pa i teorijsku prikladnost, a empirijske metode empirijsku točnost i snagu predviđanja. Najveću snagu u navedenom nizu za empirijsku znanost na koncu ipak ima empirijska točnost, odnosno eksperimentalna ili opservacijska potvrda. Tako već znanstvena metodologija otkriva da su teorija i empirija dvije neodvojive sastavnice u otkrivanju istine o slojevitoj zbilji koja nas okružuje, a time upućuje na nužnost susreta filozofije i znanosti u istraživanju stvarnosti.

Sumarno, možemo reći kako ne postoji neka univerzalna znanstvena metoda koju koriste znanstvenici s područja empirijske znanosti. Upravo suprotno uvriježenoj slici, prema kojoj se empirijska znanost zasniva isključivo na eksperimentiranju, znanstvenici rješenja problema nalaze i uz pomoć imaginacije, kreativno i pomoću već stečenih znanja, baš kao što se to radi i u okvirima drugih, „manje strogih“ znanosti⁴⁹⁵. Uostalom, biti znanstvenikom ne znači baviti se onime što znamo, već onim što ne znamo i ne podrazumijeva samo klasifikaciju prikupljenih činjenica. Baviti se znanošću znači ući u dinamičan interaktivan proces u kojem pokušavamo shvatiti strukturu stvarnosti, odnosno narav svijeta koji nas okružuje. U tome smislu, upravo se nedostatak kreativnosti i imaginacije često smatra uzrokom zastoja u napretku oko rješavanja dobro postavljenih pitanja za koja se kaže kako su već pola odgovora⁴⁹⁶. Popper je, primjerice, smatrao da »metafizička teorija može čak biti i znanstveno korisna podupire li ili potiče neki

⁴⁹⁵ Usp. McComas (2002), 58.

⁴⁹⁶ Usp. Majid (2013), 11.

znanstveni projekt»⁴⁹⁷. Stoga i mi možemo zaključiti kako i samo promišljanje o znanstvenoj metodi upućuje na činjenicu da je filozofija u više svojih vidova znanstveno korisna, bilo kao idejni pokretač bilo kao pomoćno oruđe propitivanja same metode i temeljnih pojmova znanosti. Naime, kako je to formulirao Poincaré, »znanost se gradi činjenicama kao što se i kuća gradi kamenom [međutim] nagomilavanje činjenica nije znanost, kao što ni gomila kamenja nije kuća»⁴⁹⁸. Povijest kozmologije to potvrđuje na najbolji mogući način.

1.2.3. Empirijsko utemeljenje

S obzirom na složenost i dinamičnost zbilje koju svakodnevno sve više otkrivamo, jednostavan zahtjev za empirijskim utemeljenjem znanstvenih teorija ili modela često se pokazuje nedostižnim, osobito kada je riječ o iznimno malim ili iznimno velikim skalama. Ne čudi stoga da se u određenom vidu upravo empirijsko utemeljenje kao kriterij znanstvenosti dovodi u pitanje, kritizira ili pokušava modificirati. Stoga i termin „empirijsko utemeljenje“ predstavlja sržni termin znanosti. Naime, empirijski temelj (odnosno sadržaj) zaista je ono jedino što ostaje čvrsto u izmjeni znanstvenih teorija⁴⁹⁹, odnosno »podudaranje s eksperimentom jedini je kriterij istine za fizikalnu teoriju»⁵⁰⁰. Ipak, problem empirijskoga utemeljenja izrasta i iz činjenice što je empirijsko utemeljenje s jedne strane vezano uz samu praksu istraživanja, a s druge uz epistemologiju⁵⁰¹. U tom smislu, empirijsko utemeljenje pokazuje se kao jedno od najzahtjevnijih pitanja filozofije znanosti, što se znakovito reflektira u još uvijek postojećim raspravama o realizmu i antirealizmu u odnosu na modernu prirodnu znanost.

S obzirom na rečeno, pojam, odnosno, pitanje empirijskog utemeljenja nesumnjivo moramo ubrojiti među tzv. granične pojmove, odnosno granična pitanja. Neke od teškoća s kojima se suočavamo pri pokušaju razumijevanja empirijskog utemeljenja su sljedeće:

- precizna definicija empirijskoga utemeljenja, odnosno, relacije empirijski sadržaj – znanstveni iskaz, ne postoji;

⁴⁹⁷ Ule (2003), 10.

⁴⁹⁸ Poincaré (1989), 109.

⁴⁹⁹ Usp. Rovelli, 2014a.

⁵⁰⁰ Duhem (1962), 21.

⁵⁰¹ Usp. Popper (2002b), 21.

- ne postoji precizno i jednoznačno određenje naravi odnosa percepcije, mentalne reprezentacije, jezika, matematizacije, eksperimenta, opažanja, teorije i modela s empirijskim sadržajem;
- na kraju, najradikalnije pitanje koje se može postaviti jest pitanje realnoga postojanja entiteta koje znanost istražujemo⁵⁰².

U filozofiji i znanostima kroz povijest su vođene brojne rasprave oko navedenih pitanja, a rješenja su se nudila u raznim oblicima, od realizma i empirizma do idealizma i instrumentalizma, tj. raznih oblika antirealizama. Sržnim smatramo činjenicu da su se

čak u vremenu pozitivizma, kada se pojavilo nepovjerenje u metafiziku i njezinu moguću infiltraciju u znanost, što je dovelo do odbacivanja termina 'zakon' i zamjene s naoko prirodnijim izrazom 'regularnost među fenomenima', fenomeni shvaćali u realističnom smislu⁵⁰³.

Međutim, nisu se fenomeni shvaćali u realističnom smislu samo nekoć, naprotiv, s takvim mišljenjima bi se složili i suvremeni fizičari. Naime, govoreći o suvremenoj rascjepkanosti i trenutnoj zbrci glede shvaćanja zbilje, isto je istaknuo David Bohm utvrdivši da

nalazimo da fizičari nisu uistinu sposobni baviti se samo proračunima namijenjenima predviđanju i upravljanju: nužno im je koristiti predodžbe zasnovane na nekoj vrsti općenitih poimanja u pogledu naravi zbilje, poput 'čestice koje su građevne opeke svemira' [...]⁵⁰⁴.

No, glede shvaćanja fenomena još je jasniji Ian Hacking koji kaže da

eksperimentalna fizika pruža najjači dokaz znanstvenom realizmu. Entitetima koji u principu nisu dostupni opažanju redovito se manipulira kako bi se proizveli novi fenomeni i istražili drugi aspekti prirode. Oni su alati, instrumenti ne za mišljenje već za rad [...] eksperimentalist ne vjeruje u elektrone zbog toga što [...] oni 'čuvaju fenomen'. Upravo suprotno, mi vjerujemo u njih zbog toga što se njima koristimo kako bismo stvarali nove fenomene⁵⁰⁵.

Iz netom navedenog možemo zaključiti da, bez obzira na perspektivu koju zauzmemo prema dvojbi o realizmu ili antirealizmu, na koncu empirijsko utemeljenje ostaje presudni kriterij određenja empirijske znanosti te istodobno kamen spoticanja svemu drugome – onome što empirijska znanost nije. Tako empirijsko utemeljenje, s jedne strane predstavlja nužnu liniju razgraničenja između empirije i spekulacije, a s druge strane pokazuje da je tu liniju nemoguće kategorički povući. Tako postaje očito da je empirijsko utemeljenje otvoreno pitanje, točka i sama srž prijepora između realizma i antirealizma, između znanosti i ne-znanosti.

⁵⁰² Usp. Agazzi & Pauri (2000), 1–8.

⁵⁰³ Agazzi & Pauri (2000), 7.

⁵⁰⁴ Bohm (2008), XIII–XIV. Vidi i Isto, 40–44 ; 52–54.

⁵⁰⁵ Citat preuzet od: French (2007), 112.

Ne čudi stoga da se i u kontekstu suvremene kozmologije, kroz cijelu povijest kozmologije do danas, empirijsko utemeljenje pokazuje kao ključan pojam. Danas je na osobit način tako, jer iako se suvremena kozmologija nalazi u „zlatnom dobu“ svoga razvitka, s opažanjima sve veće preciznosti na svom raspolaganju, istodobno se često nalazi i na samoj crti demarkacije znanosti od ne-znanosti na kojoj kriterij empirijskog utemeljenja, u konačnici predstavlja granicu razgraničenja u odnosu na koju treba imati na umu sljedeće:

- Znanstveni pojmovi koji se koriste kao reprezentacija ili objašnjenje prirodnih fenomena kao takvi uvijek će biti podložni verifikaciji ili falsifikaciji⁵⁰⁶. Inače nisu reprezentacija ni objašnjenje prirodnih fenomena.
- Štoviše, s obzirom na činjenicu da su brojni pojmovi s kojima se znanosti koriste, a posebice suvremena kozmologija, još uvijek nedorečeni, treba reći da

nadogradnja-znanja u kozmologiji, više nego na ijednom drugom području, treba započeti od vizije realnosti [...] značenje takvih koncepata mora biti isto za sve kozmologe, njihov odnos mora biti testiran i logički i matematički. Drugim riječima, poznat karakter jedinstvenosti našega univerzuma, kao što je dobro poznato, kozmolozima osigurava privilegirani stupanj slobode pri formulaciji interpretacija i teorija. Ipak, u isto vrijeme, zahtijeva da njihove formulacije i zaključci budu sagledani u svijetlu podataka astrofizičkih opažanja⁵⁰⁷.

Očito je, također, s obzirom na gore navedene tvrdnje, da problem empirijske potvrde nije riješen. Naime, problem empirijskoga utemeljenja iznimno je složeno filozofijsko pitanje, kao što se moglo naslutiti u brojnim prijedorima oko realizma i antirealizma. U tom smislu otvaraju se neka od temeljnih pitanja: što uopće znači empirijska potvrda, možemo li postići čisto empirijsko utemeljenje, koliko je znanstvena spoznaja precizna, tj. točna, što točno znači termin „znanstveno dokazano“ i druga povezana pitanja. Ta se pitanja tiču, dakako, ne samo suvremene kozmologije već znanosti općenito, a njihovo tematiziranje nije strano filozofiji znanosti. Na neka od spomenutih pitanja smo već, na određeni način, naznačili postojeća rješenja u ovome radu. Ipak, na brojne razine problematiziranja empirijske potvrde ne možemo ovdje ulaziti, ali treba iznijeti nekoliko napomena:

- čisto empirijsko utemeljenje kao neutralni arbitar u teorijskim sporovima moramo uzeti ili kao problematičnu ideju ili kao idealizaciju koja nije strana suvremenoj znanosti⁵⁰⁸;
- znanstveni uvid nije posve izvjesna spoznaja, tj. uvid, već određeni stupanj preciznosti u određenoj domeni, odnosno, najbolje što za sada imamo;

⁵⁰⁶ Usp. Toulmin (1985), 80.

⁵⁰⁷ Amaral Vieira (2011), 14.

⁵⁰⁸ Usp. Kožnjak (2013), 78.

- pojam „znanstvenog dokaza“ je, dakle, problematičan pojam;
- posljedično, »u znanosti se ne radi o sigurnosti (točnosti) – u znanosti se radi o pronalaženju najpouzdanijeg načina mišljenja u danom trenutku na trenutnom nivou znanja«⁵⁰⁹;
- proces znanstvenog mišljenja i djelovanja složeniji je od puke empirijske utemeljenosti, odnosno, kako je to vidio Popper,

ni opažanje ni razum nisu autoritet. Intelektualna intuicija i imaginacija su najvažnije, ali nisu pouzdane: one nam mogu pokazati stvari veoma jasno, ali mogu nas i prevariti. One su nužne kao glavni izvori naših teorija; ali većina naših teorija su ionako krive. Najvažnija funkcija opažanja i promišljanja, pa i intuicije i imaginacije, jest pomoći nam u kritičkom propitivanju onih hrabrih pretpostavki koje su sredstva uz pomoć kojih istražujemo nepoznato⁵¹⁰;
- dakle, empirijska provjerljivost, odnosno empirijsko utemeljenje, unatoč teškoćama, u konačnici se ipak pokazuje kao temeljni kriterij znanstvenosti.

O problemu empirijskog utemeljenja se, filozofijski gledano, može govoriti na zaista puno razina i u različitim kontekstima. Ovdje se osvrćemo na dvije vrste pitanja koja se u kontekstu naše teme pokazuju relevantnima za raspravu o mogućnosti čisto empirijskog utemeljenja suvremene kozmologije. Prvo pitanje se odnosi na metodu pomoću koje dolazimo do empirijskih potvrda te se u tom smislu treba osvrnuti na temeljna obilježja tzv. eksperimentalne metode, tj. eksperimenta i opažanja. Drugo pitanje se odnosi na način kako reprezentiramo empirijsko utemeljenje, odnosno na odnos empirijskog utemeljenja s teorijom, tj. modelom. Ali, prije nego otvorimo te dvije teme pogledajmo kako sami kozmolozi određuju suvremenu kozmologiju i koji značaj pridaju empirijskoj provjerljivosti, odnosno empirijskom utemeljenju.

1.3. Suvremena kozmologija – na Popperovoj liniji

Sami kozmolozi smještaju suvremenu kozmologiju na Popperovu liniju. Stoga nije na odmet dodati nekoliko redaka što to znači iz perspektive samih kozmologa. Naime, iako se imena K. R. Poppera i T. Kuhna u izlaganjima astronoma ili kozmologa ne čuju često i uglavnom ih ne nalazimo na stranicama udžbenika astronomije ili kozmologije, s njihovim idejama ipak se uglavnom susreću studenti fizike i astronomije, iako ne nužno u eksplicitnom obliku. Kuhnov

⁵⁰⁹ Rovelli, 2014a.

⁵¹⁰ Popper (2002a), 37.

se model smjene paradigmi tako pokazuje korisnim za razumijevanje razvoja astronomije i kozmologije do njezina suvremenog oblika (npr. ograničenje univerzuma na veličinu Mliječne staze, statični univerzum, OTR), ali kozmolozi nisu mišljenja da ovaj model ima utjecaj na suvremenu astronomiju ili kozmologiju⁵¹¹. Međutim, glede K. R. Poppera stvari stoje nešto drugačije. Njegova je filozofija znanosti izvršila veliki utjecaj na astronomiju i kozmologiju, i još uvijek je utjecajna među kozmolozima. Naime, Popperove su ideje, iako pojednostavljene, često temeljne smjernice u konstrukciji i procjeni teorija – to je vidljivo i u suvremenim raspravama, primjerice u raspravama oko multiverzuma. Stoga ne čudi da K. R. Poppera često spominju čak i oni kozmolozi koji nemaju previše interesa za filozofiju (kao npr. S. Hawking). Sami kozmolozi kažu da suvremena kozmologija funkcionira po jednostavnom Popperovom principu – teorija mora biti podložna falsifikaciji⁵¹².

Unatoč otvorenim raspravama oko kriterija znanstvenosti možemo reći da većina znanstvenika, fizičara, smatra da je empirijska provjerljivost (*testability*) temeljni kriterij znanstvenosti. Stoga kozmolozi ističu da iako je jasno da provjerljivost možda nije najvažnija u svim aspektima razvoja teorija, ona u konačnici to jest i ta se činjenica ne može ignorirati⁵¹³. Za suvremenu kozmologiju je upravo to, s jedne strane, točka kritike njezine znanstvenosti, a s druge strane izvor neslaganja među samim kozmolozima oko niza pitanja vezanih uz razumijevanje naravi provjerljivosti u kozmologiji. Među tim pitanjima nalazi se i pitanje o tome mora li test (provjerljivost) teorija biti empirijska (eksperimentalna ili opažajna), ili je dovoljna matematička konzistencija. Takva pitanja kozmologe stavljaju u kontekst iz kojeg se izlazi nizom različitih, u biti filozofijskih, strategija glede kriterija znanstvenosti. Uz to, upravo ti kriteriji postaju temelj daljnjega rada u određenom području te na koncu taj rad i određuju kao filozofijski ili znanstveni.

Iz svega do sada rečenog jasno je zašto je empirijsko utemeljenje glavna, iako nipošto i jedina linija razgraničenja znanosti od neznanosti, ali i znanosti od filozofije. Drugim riječima, neki kozmolozi mogu prihvaćati određeni tip antirealizma, međutim, općenito uzevši, kozmolozi ostaju na Popperovoj liniji i u tom smislu i predviđanja teorija moraju biti testirana empirijski (eksperimentom ili opažanjem), odnosno, teorije moraju biti empirijski utemeljenje. Da su toga svjesni, potvrđuju i oni kozmolozi koji poriču vrijednost filozofije za modernu kozmologiju,

⁵¹¹ Usp. Kragh (2014b), 645–646.

⁵¹² Usp. Kragh (2014b), 647.

⁵¹³ Usp. Kragh (2014a), 51.

poput samoga S. Hawkinga koji, primjerice, posve u filozofskom duhu piše da »ako se opservacije slažu s predviđanjima, to ne dokazuje teoriju – ali teorija preživljava kako bi postavila daljnja predviđanja koja se ponovno testiraju opservacijom [te nadalje da] ako opservacije ne potvrđuju predviđanja, teoriju valja napustiti«⁵¹⁴. Međutim, iako u svakodnevnoj praksi kozmologije upravo vrijedi ovakav algoritam znanstvenosti, određeni novi prijedlozi, poput teorije multiverzuma, ipak stavljaju u pitanje empirijsko utemeljenje kao temeljni kriterij znanstvenosti teorija.

Možemo, dakle, s brojnim kozmolozima utvrditi da se suvremena kozmologija nalazi na Popperovoj liniji⁵¹⁵. U tom smislu potrebno je sagledati i odrediti s kojim se teškoćama u odnosu na stjecanje empirijskog utemeljenja suočava suvremena kozmologija. To je pak iskorak na novooformljeno područje filozofije suvremene kozmologije kojoj tema empirijskoga utemeljenja nije strana. Štoviše, jedno od aktualnijih pitanja filozofije suvremene kozmologije tiče se upravo odvojivosti, odnosno neodvojivosti empirijskog od teorijskog sadržaja. Riječ je o tzv. pododređenosti teorije podacima (*underdetermination of theory by data*) i opterećenosti opažanja teorijom (*theory-ladenness of observation*). Uz to, upravo suvremena tematiziranja, poglavito ideje multiverzuma – implicitno ili eksplicitno – u prvi plan stavljaju pitanje empirijskog utemeljenja te *ipso facto* ističu značajnu ulogu empirijskog utemeljenja kao kriterija znanstvenosti⁵¹⁶.

2. Empirijska metoda

Empirijska metoda ili empirijski pristup predmetu istraživanja, odnosno, spoznaja iz iskustva (*a posteriori*), temeljno je obilježje i nužna sastavnica znanstvene metodologije u svim empirijskim znanostima. U tim je znanostima temeljni kriterij znanstvenosti empirijska provjerljivost. Međutim, iako je empirijska metoda sveprisutna i općeprihvaćena kao osnova i specifikum moderne znanosti, opravdanje empirijske metode je problem i otvoreno filozofijsko-znanstveno pitanje. U tom smislu glede empirijske metode valja istaknuti nekoliko detalja:

⁵¹⁴ Usp. i citat preuzet iz: Kragh (2014a), 52–53.

⁵¹⁵ Vidi npr. Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero, 1994; Butterfield, 2012.

⁵¹⁶ Vidi: Shapere (2000), 156 ; Ellis (2014), 16 ; Butterfield, 2012.

- u prvom redu, čini se da, unatoč očitoj operativnoj uspješnosti znanstvene metode, u filozofiji znanosti postoje dvojbe o implikacijama te uspješnosti, odnosno

razvidno privilegirani epistemološki status pomućuje ponajviše činjenica kako ovaj status zapravo valja držati ne samo vapajućim potkrepljenja već i nečime što u konačnici predstavlja jedan od velikih skandala moderne prirodne znanosti koji je vješto skriven negdje na periferiji 'općeprihvaćenog mnijenja' o eksperimentu kao nedvojbeno pouzdanoj metodi spoznavanja svijeta i njegovih zakonitosti⁵¹⁷;
- u današnje vrijeme, dosta često se sintagma „empirijska metoda“ poistovjećuje sa sintagmom „eksperimentalna metoda“, a ova se pak koristi gotovo kao sinonim za „znanstvenu metodu“, dok u svakodnevnoj praksi izrazi poput „eksperimentalno dokazano ili opovrgnuto“ ne čine samo dio rutinske terminologije već standardni *modus operandi* svih aktivnosti⁵¹⁸. Činjenica je ipak, kako smo već isticali, da ne postoji jedna jedinstvena „znanstvena metoda“ i da se ona ne može svesti isključivo na neku jednoznačnu empirijsku metodologiju;
- empirijska metoda se uvriježeno uzima kao linija demarkacije između znanosti i pseudo-znanosti, no s tako pojednostavljenim stajalištem treba biti oprezan jer znanstveni standardi nadilaze puko nagomilavanje empirijskih činjenica – upravo je oprez glede toga K. R. Poppera doveo do zaključka da je kriterij znanstvenog statusa teorije falsifikacija⁵¹⁹;
- konačno, znanstvenu metodu (kao proces svojstven svim znanostima) treba razlikovati od empirijske metode, budući da ipak valja napraviti razliku između barem dva esencijalno različita vida empirijskog pristupa: opažanje (promatranje) i eksperiment⁵²⁰. U odnosu na oba vida empirijske provjerljivosti teorija ili modela, suvremena kozmologija pokazuje svoj specifikum na koji treba svratiti pozornost.

2.1. Eksperiment

Nemoguće je progovoriti o suvremenoj znanosti, a ne spomenuti pojam „eksperimenta“. Da je to tako istaknuo je, još sredinom XIX. stoljeća, William Whewell. On je eksperimentu dao

⁵¹⁷ Kožnjak (2013), 14.

⁵¹⁸ Usp. Kožnjak (2013), 49.

⁵¹⁹ Usp. Popper, (2002a), 44–48.

⁵²⁰ Usp. Carnap (1966), 40.

odlučujuće mjesto, odnosno smatrao je eksperiment gotovo granicom demarkacije između znanstvenoga i neznanstvenoga. Za Whewella ne samo da empirijska znanost već

znanost počinje onoga trenutka kada se relativno sirov i nesustavan empirijski materijal uobliči u hipotezu, koja se zatim – kao privremena generalizacija iskustva u nekoj domeni fizičkoga svijeta – podvrgava eksperimentalnom testu u strogo kontroliranim uvjetima ne bi li se ili potvrdila ('verificirala') ili 'opovrgnula' ('falsificirala')⁵²¹.

Upravo izneseno shvaćanje eksperimenta možda najbolje opisuje značaj, mjesto i cilj eksperimenta u suvremenoj znanosti.

Međutim, cjelovit govor o eksperimentu iznimno je zahtjevan i u ovom kontekstu nije moguć (i općenito bi bio osuđen na manjkavosti). Stoga ovdje iznosimo samo nekoliko temeljnih činjenica koje je potrebno istaknuti u ovom našem kontekstu govora o eksperimentu. Naime, već je davno postavljeno pitanje o razlici između prirodnih fenomena i artificijelnih pojava. U tom smislu, važno je imati na umu da suvremeni djelatni znanstvenici:

prihvaćaju rješenje demarkacije prirodnog i artificijelnog u našim eksperimentima koje je ponudio još Bacon, koji je smatrao da unatoč činjenici da eksperimentiranje ograničava prirodu čitavim nizom 'nasilnih ograničenja' (*impedimentorum violentia*) ipak postoje dobri razlozi za vjerovanje zašto eksperimentalne pojave, razotkrivene uz dovoljno umijeća i vještine, mogu biti testirane kao izvorno prirodni fenomeni i stoga kao istinski temelj velike obnove znanja kojoj je težio⁵²².

Nadalje, na tragu Bacona, u smislu naturalizacije eksperimentalne metode, možda najbolje temeljno određenje eksperimenta nalazimo kod R. Carnapa koji dobro uočava da postoji razlika između eksperimenta i opažanja, a nalazi se u činjenici da eksperiment karakterizira aktivna uloga istraživača⁵²³. Izvršitelj eksperimenta poduzima radnje kojima će omogućiti brže i bolje promatranje pojave, kako bi prije proizveo rezultate nego da se na njih jednostavno čekalo promatranjem pojave odnosno prirode. Eksperiment tako podrazumijeva barem dvoje:

- da se predmetom ili pojavom može na neki način manipulirati;
- da se eksperiment može ponavljati (u istim uvjetima) s ciljem usporedbe, odnosno verifikacije ili falsifikacije hipoteze.

Budući da u suvremenoj znanosti postoje brojne i različite vrste eksperimenata, precizno određenje naravi eksperimenta ne može se ponuditi. Ipak, može se reći da se među temeljnim

⁵²¹ Citat preuzet od: Kožnjak (2013), 49.

⁵²² Kožnjak (2013), 153.

⁵²³ Usp. Carnap (1966), 40.

obilježjima eksperimenta nalaze: određivanje relevantnih faktora u odnosu na fenomen koji se istražuje i zadržavanje relevantnih faktora stalnima dok je drugima dozvoljena varijacija s ciljem uočavanja zakonitosti⁵²⁴. No, iz navedenog je sasvim očito kolika pitanja i teškoće izranjaju za eksperiment kao jedan od temeljnih alata suvremene znanosti. Naime, što je relevantni faktor? Kako i na koji način odrediti koje faktore zadržati, a koje odbaciti? Takva pitanja nemaju jednoznačnog odgovora. To je teškoća koja se pojavljuje na brojnim mjestima u procesu znanstvenoga istraživanja. Razvidno je, dakle, da iznimno važan put eksperimentiranja nije jednostavan, jasan i jednoznačan. To nam pak otkriva da je znanost na svim svojim razinama suočena s onim što smo nazvali „filozofijski odabiri“ – očito je da upravo oni u velikoj mjeri oblikuju i same temelje empirijske znanosti. Međutim, kada je u pitanju suvremena kozmologija, uz te temeljne „filozofijske odabire“, eksperimentalna metoda, tj. eksperimentalni pristup predmetu istraživanja suočava se (ako svoj predmet želi zahvatiti na klasičan način) s dodatnim teškoćama. U tom smislu, temeljni specifikum suvremene kozmologije je tzv. jedinstvenost kozmosa.

2.1.1. Jedinstvenost kozmosa

Eksperimentalna metoda iznimno je plodonosna, no s njom su povezana i određena ograničenja, veća ili manja ovisno o području znanosti u kojem se primjenjuje. Možda je najbolji primjer takvog slučaja upravo kozmologija. Zapravo, ne bi bilo pretjerano tvrditi kako je kozmologija u tome smislu jedinstven slučaj. Naime, kako smo više puta istaknuli, mogućnost empirijskog utemeljenja suvremene kozmologije često se dovodi u pitanje, a razlog za to nalazimo, u prvom redu, u jedinstvenosti njezina predmeta⁵²⁵. Kako je primijetio Harré, problem izrasta već iz onog što smatramo pod pojmom kozmosa (tj. univerzuma), odnosno iz toga što je kozmos određen kao „sve što jest“⁵²⁶. Naime, iako je činjenica da postoje brojni objekti koje u kozmosu možemo istraživati, promatrati ih i o njima teoretizirati, na koncu je uvijek riječ o brojnim, u načelu neprebrojivim aspektima samo jednog predmeta. Suvremena kozmologija na raspolaganju ima jedan i jedinstven predmet, s jednom poviješću, te se stoga nužno mora pomicati s tehničkih pitanja na pitanja filozofijske naravi⁵²⁷. Tako činjenica jedinstvenosti

⁵²⁴ Usp. Carnap (1966), 42–47.

⁵²⁵ Vidi: Harré, 1962; Davison, 1962; Munitz, 2006; Ellis, 2006b; Ellis, 2014; Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 3–4.

⁵²⁶ Usp. Harré (1962), 105.

⁵²⁷ Usp. Ellis (2014), 12.

kozmosa suvremenu kozmologiju suočava s nizom teškoća i pitanja, primjerice, s nemogućnošću eksperimentiranja, s činjenicom da na raspolaganju ima samo jedan predmet istraživanja, s pitanjem vjerojatnosti i s pitanjem kozmoloških zakona. Pogledajmo поближе navedeno.

Nemogućnost eksperimentiranja

Kozmos se ne može obuhvatiti, s njim se, za razliku od predmeta istraživanja u drugim znanstvenim područjima, ne može manipulirati, ne mogu mu se mijenjati svojstva ili uvjeti unutar njega, kao što se ne mogu niti zadržavati izabrani faktori istraživanja. U tom smislu, kozmos kao predmet istraživanja kozmologije nije moguće podvrgnuti eksperimentu, barem ne onom u klasičnom smislu predmetnosti istraživanja. Na tu činjenicu upozoravao je još Carnap kada je istaknuo da eksperiment

na nekim poljima nije lako koristiti kao u fizici. U astronomiji npr. ne možemo pogurati planet u nekom drugom smjeru da bismo vidjeli što će se dogoditi s njim. Astronomski objekti su izvan našeg dometa, mi ih možemo samo promatrati i opisivati. Ponekada astronomi mogu u laboratoriju stvoriti uvjete slične onima, recimo na površini Mjeseca te tada promatrati što se događa u laboratoriju pod tim uvjetima. Ali to zapravo nije astronomijski eksperiment. To je eksperiment fizike koji ima određeni stupanj vrijednosti za znanje astronomije⁵²⁸.

Kada je u pitanju suvremena kozmologija, ova se teškoća posebno odnosi na iznimno važnu metodu spektralne analize. To postaje osobito razvidno kada se utvrdi razlika između laboratorijske i astronomske metode spektralne analize. Naime,

osnovna pitanja koja postavlja spektralna analiza i metode koje koristi zajednička su, bez obzira na objekt proučavanja, i za fiziku i za kemiju i za astronomiju. Osnovna razlika između puta kojim pristupa laboratorijska i astronomska spektralna analiza je u tome što astronom ne može eksperimentirati sa svojim objektima. Ne može ih „pripravljati“, „preuređivati“ [...] mora svoje uzorke tvari uzeti onakvima kakvi jesu⁵²⁹.

Poslužimo li se prispodobom kojom su se kozmolozi često koristili kroz povijest, možemo reći da je kozmos zaista neka vrsta laboratorija unutar kojeg imamo priliku promatrati brojne uzorke, ali na njih ne možemo utjecati, niti njima manipulirati⁵³⁰. U tom smislu, možemo zaključiti da je nemogućnost eksperimentiranja u suvremenoj kozmologiji, u standardnom

⁵²⁸ Carnap (1966), 41.

⁵²⁹ Vujnović (2010), 23.

⁵³⁰ Usp. Clark (1999), 19, 43.

smislu praktične manipulacije predmetom eksperimentiranja, kako je to u drugim znanstvenim područjima, veliko ograničenje suvremene kozmologije.

Jedan predmet

Kozmos je zaista jedinstven predmet istraživanja po brojnim obilježjima, a jedinstven je i po tome što je jedan, cjelovit i nedjeljiv. Ta činjenica, da je riječ o jedinom i jedinstvenom predmetu, znanstveno-filozofijski gledano ima značajne posljedice. Naime, ako je kozmos jedan i jedinstven predmet, tada kozmos ne možemo usporediti s drugim kozmosom (ili sličnim objektom) jer takav ne postoji. No, ne možemo ni opservacijom testirati naše hipoteze o kozmosu kako bismo utvrdili statistička svojstva neke poznate klase fizički postojećih kozmosa⁵³¹. Drugim riječima,

Univerzum kao cjelina nije objekt poput stolca, ulice ili kuće [...] Kad je riječ o kozmosu, nema ni jednog drugoga. On egzistira kao jedinstven i nema ničega izvan njega. Fizikalne teorije po sebi tumače samo procese koji se ponavljaju. Kozmos, ako uzmemo u obzir njegovu jedinstvenost, uopće nije fizikalni objekt. On bi to bio samo utoliko što su u njemu prisutni procesi koji se ponavljaju⁵³².

To je filozofijski, ali i znanstveni problem. Značaj jedinstvenosti kozmosa za suvremenu kozmologiju, shvaćenu isključivo kao empirijsku disciplinu, otkriva posebno tzv. kozmička varijanca (*cosmic variance*). Riječ je o nesigurnosti u procjeni opažanja, koja otkriva da postoji fundamentalno ograničenje naše točnosti određivanja kozmoloških parametara⁵³³. Kozmička varijanca izrasta upravo iz nemogućnosti usporedbe predmeta istraživanja i postaje sve izrazitija, odnosno, sve veći problem što se više približavamo velikim skalama⁵³⁴.

Naime, teškoće koje izrastaju iz činjenice jedinstvenosti kozmosa postaju očite na primjeru teorije formacije struktura u ranom kozmosu jer se spomenuta teorija može testirati jedino ako se naš kozmos, u nedostatku drugih predmeta iste vrste, usporedi s nizom teorijskih modela. Varijanca je u tom slučaju razlika između onoga što je realno izmjereno i očekivanih svojstava teorijskih modela. Nakon utvrđivanja varijance, ako je varijacija dovoljno mala, devijacija od očekivanih rezultata se proglašava statističkom devijacijom i ne treba ju dalje objašnjavati; ako

⁵³¹ Usp. Ellis (2006b), 1216.

⁵³² Crvenka (2010), 32.

⁵³³ Usp. Liddle & Loveday (2009), 70.

⁵³⁴ Vidi: Somerville, Kyoungsoo i dr., 2004.

je velika, potrebno je ponuditi objašnjenje. Sasvim je razvidno, dakle, da kamen spoticanja postaje upravo „dovoljno mala statistička devijacija“⁵³⁵. Kozmička varijanca tako predstavlja velik problem jer mala ili velika, devijacija može upućivati i na drugačija obilježja kozmosa od onih koja su trenutno općeprihvaćena⁵³⁶. S obzirom na to da suvremena kozmologija na raspolaganju ima samo jedan jedinstven i cjelovit objekt istraživanja, ona je primorana na usporedbu s hipotetičkim, tj. teorijskim modelima, ali i na donošenje brojnih odluka koje možemo imenovati samo kao „filozofijske izbore“.

Pitanje vjerojatnosti

Već je filozofijski iznimno pronicljiv Poincaré primijetio i istaknuo nekoliko temeljnih teškoća vezanih uz problematiku vjerojatnosti u znanosti. Naime, »sam naziv račun vjerojatnosti je paradoks: vjerojatnost, nasuprot izvjesnosti, jest ono što ne znamo, a kako možemo računati ono što ne poznajemo?«, istaknuo je Poincaré⁵³⁷. No znanstvenici se služe vjerojatnošću pa je stoga potrebno postaviti pitanje: može li se vjerojatnost definirati? Sama definicija (računa) vjerojatnosti je poprilično jednostavna: »vjerojatnost nekog događaja jest omjer broja povoljnih slučajeva za taj događaj i ukupnog broja mogućih slučajeva, [ali u svojoj je biti nepotpuna jer bi u slučaju dva jednako vjerojatna rješenja (načina računanja) morali nadodati ekstenziju] i ukupnog broja mogućih slučajeva, pod uvjetom da su ti slučajevi jednako vjerojatni«⁵³⁸, čime na koncu vjerojatno definiramo vjerojatnim, a to logički nije prihvatljivo. Te su teškoće koje izrastaju oko pitanja vjerojatnosti dovele Poincaréa do zaključka da je

račun vjerojatnosti beskorisna znanost i da se ne smijemo pouzdavati u taj mutni instinkt koji smo nazvali zdravim razumom i od kojega smo tražili da opravda naše konvencije. Ali ni s tim se zaključkom ne možemo složiti. Ne možemo se lišiti tog mutnog instinkta; bez njega bi znanost bila nemoguća [...] Osuditi taj račun značilo bi osuditi cjelokupnu znanost⁵³⁹.

Pitanje vjerojatnosti se stoga može promatrati iz više perspektiva, ovisno o općenitosti, odnosno stupnju neznanja i to propitivanje nije nimalo nevažno. Ipak, na njega ne možemo ponuditi bolji odgovor od onog što ga je ponudio Poincaré. Naime, »da taj račun uopće ima nekoga smisla, valja kao polazište prihvatiti neku hipotezu ili neku konvenciju koja uvijek sadrži određeni

⁵³⁵ Usp. Ellis (2006b), 1217.

⁵³⁶ Vidi: Ellis (2014), 12; Starkman, Copi, Huterer & Schwarz, 2012.

⁵³⁷ Poincaré (1989), 136.

⁵³⁸ Usp. i citati Poincaré (1989), 137.

⁵³⁹ Poincaré (1989), 138.

stupanj proizvoljnosti [kako dalje dodaje Poincaré,] u izboru te konvencije može nas voditi jedino načelo dovoljnog razloga⁵⁴⁰.

Pojam vjerojatnosti iznimno je važan za suvremenu kozmologiju. Nesumnjivo je jedan od suštinskih argumentacijskih pojmova u suvremenoj kozmologiji. No, kako bi se iz već rečenog moglo zaključiti, taj pojam postaje problematičan u kontekstu u kojem postoji samo jedan objekt⁵⁴¹. Poglavitito, kozmolozi su odavno uočili okolnost postojanja finog podešavanja, tzv. fino ugađanje fizikalnih konstanti (kozmoških parametara). Ali, prihvatimo li fino ugađanje kao činjenicu, fino podešeni parametri impliciraju barem dva znanstveno-filozofijski relevantna zaključka: prvi, prema kojem kozmos ima neku sasvim posebnu prirodu, a to je razmišljanje napuštanje više puta, počevši s napuštanjem Aristotelove fizike, i drugi, da kozmos ne možemo promatrati kao objašnjenje samog sebe. Potvrde prvom zaključku su sasvim razvidne (i to na više razina), dok potvrda drugog zaključka proizlazi iz tzv. točke singularnosti⁵⁴², kojom OTR pokazuje na svoju granicu, tj. predviđa da ne može predvidjeti univerzum⁵⁴³.

Nasuprot objašnjenju finog ugađanja otvara se pitanje postoji li mogućnost da kozmos ipak nije tako poseban, tako nevjerojatan, odnosno da je sasvim vjerojatan? No sama tvrdnja da je kozmos vjerojatan predstavlja, kako smo istaknuli, nestabilnu filozofijsku pretpostavku jer izrasta iz ideje vjerojatnosti za koju je potreban (neki) niz mogućnosti⁵⁴⁴, a da je (naš) kozmos jedan u skupu mogućnosti prije je hipotetičko nego aktualno stanje pa nema temelja ni za tvrdnju o vjerojatnosti. Kako Ward ističe,

štoviše, ne može se reći, u situaciji kada nema zbiljskih stanja, entiteta, zakona ili svojstava, da je postojanje jednostavnog stanja vjerojatnije od postojanja složenog stanja. Ne može se reći ama baš ništa što bi dovelo do velikog prosvjetljenja. Zakoni vjerojatnosti jednostavno nisu prikladni za primjenu⁵⁴⁵.

S obzirom na to da je pitanje vjerojatnosti kozmosa ujedno pitanje stvaranja, pokušalo se ponuditi znanstveno rješenje pitanja vjerojatnosti kozmosa uz pomoć danas iznimno poznate i popularne ideje multiverzuma (paralelnih svjetova, univerzuma, tj. kozmosa). U tom smislu

⁵⁴⁰ Poicaré (1989), 153.

⁵⁴¹ Usp. Ellis (2006b), 1218.

⁵⁴² Termin singularnost »se odnosi na lokaciju u prostor-vremenu u kojoj se lome fizikalni zakoni, uglavnom zbog toga što fizičke veličine kao što je gustoća postaju beskonačne«. U kontekstu Einsteinove OTR singularnost odgovara beskonačnoj zakrivljenosti prostor-vremena. Usp. i citat: Liddle & Loveday (2009), 271–272.

⁵⁴³ Usp. Hawking (1996), 75.

⁵⁴⁴ Usp. Ellis (2014), 12.

⁵⁴⁵ Ward (2010), 64–65.

tema vjerojatnosti kozmosa dotiče srž temeljne ideje kvantne kozmologije jer dovodi u pitanje tzv. „valnu funkciju univerzuma“⁵⁴⁶ koja ne predviđa ni jedan specifičan (jedinствен) univerzum⁵⁴⁷.

Pitanje zakona

Jedinственost kozmosa usko je vezana uz još jednu od aktualnih tema filozofije znanosti, uz pitanje znanstvenih zakona. Naime, kako je to postavio Carnap,

znanost započinje direktnim opažanjem jedne činjenice. Ništa drugo nije dostupno opažanju. Pravilnosti zasigurno nisu direktno uočljive. Tek kada se opažanja međusobno usporede otkrivaju se pravilnosti. Te pravilnosti se izriču tvrdnjom zvanom 'zakoni'⁵⁴⁸.

Neovisno o tome pitamo li se odakle potječu znanstveni zakoni ili ih smatramo temeljima od kojih sve potječe⁵⁴⁹ (što nije nimalo nevažna dvojba), nije jednostavan zadatak odrediti znanstvene zakone i jedno je od velikih pitanja što razlikuje znanstveni zakon od slučajne pravilnosti⁵⁵⁰. Ipak, postoji suglasje o tome kako se temeljna ideja fizikalnih zakona sastoji u tome da se oni »odnose na skup objekata od kojih svi imaju isto invarijantno temeljno ponašanje (određeno tim zakonom), unatoč očitim varijacijama u svojstvima u specifičnim slučajevima [...]«⁵⁵¹. Iz toga pak jasno slijedi da pojam „prirodnog zakona“ postaje upitan, ako postoji samo jedan i jedinствен objekt istraživanja, odnosno kada ne postoji mogućnost testiranja zakonitosti vezanih uz takav objekt⁵⁵².

Dakle, s obzirom na to da u slučaju suvremene kozmologije pokušavamo koristiti fizikalnu teoriju kako bismo opisali nešto što se dogodilo jednom i samo jednom, odnosno nešto za što ne postoji događaj s kojim bi se to usporedilo (ne postoji ili taj događaj nije u rasponu našeg opažanja), pojam zakona kojim se pokušava opisati situacija suočava se s još jednim vidom

⁵⁴⁶ Valna funkcija univerzuma je termin kvantne mehanike (u kojoj se stanje kvantnog objekta opisuje valnom funkcijom) primijenjen na univerzum. Na toj liniji trenutno postoje dva prijedloga (Hartle, J. & Hawking S. W. vs Linde, A. & Vilenkin, A) koja nude različita predviđanja za koja nije jasno koje, ako i jedno, može biti ispravno. Usp. Liddle & Loveday (2009), 241.

⁵⁴⁷ Usp. Ellis (2006b), 1218.

⁵⁴⁸ Carnap (1966), 6.

⁵⁴⁹ Vidi: Cartwright, 2005.

⁵⁵⁰ Usp. Rosenberg (2005), 44–45.

⁵⁵¹ Ellis (2006b), 1217.

⁵⁵² Nešto drugačiji pristup od Ellisa zauzima C. Smeenk (2013), koji pokušava ponuditi alternativu po kojoj se kozmološki zakoni mogu testirati unatoč jedinственosti kozmosa, a prvenstvenim teškoćama ostvarenja suvremene kozmologije kao empirijske discipline smatra teorijska i opservacijska ograničenja. Vidi: Smeenk (2013), 17–19.

teškoća⁵⁵³. Naime, ako se pojam zakona odnosi samo na jedan fizički objekt, što je ovdje slučaj, postavlja se pitanje kako razlikovati, s jedne strane, početne uvjete (*initial conditions*), tj. kontingentne uvjete koji ne moraju biti istiniti i, s druge strane, zakone, tj. generičke relacije koje uvijek moraju biti istinite⁵⁵⁴. Čini se kako se na to pitanje ne može ponuditi jednoznačan znanstveni odgovor bez, ponovo, uvođenja dodatnih pretpostavki.

Sljedeći problem koji se pojavljuje u ovom kontekstu izrasta iz činjenice postojanja granica opažanja koje na osobit način obilježavaju suvremenu kozmologiju. Naime, s obzirom na to da suvremena kozmologija na raspolaganju ima samo opažanju dostupno područje kozmosa (dakle neki ograničeni raspon) to znači da ne može svoj predmet obuhvatiti u cjelini pa je često prisiljena služiti se pretpostavkama koje nerijetko postaju njezinim temeljem. Tako je jedna od temeljnih pretpostavki suvremene kozmologije da su »zakoni fizike isti svugdje u fizičkom kozmosu: oni koje određujemo u laboratoriju ovdje i sada bit će isti onima na velikim skalama«⁵⁵⁵. Drugim riječima, suvremena kozmologija se uvelike temelji na ekstrapolaciji zakona fizike koji vrijede lokalno na globalnu razinu. No, upitno je koliko je to opravdan potez jer neki, a možda i svi zakoni fizike, ne moraju biti isti na lokalnoj i na globalnoj razini.

Nadalje, pitanje zakona u kontekstu suvremene kozmologije otvara se i na sljedećoj razini. Naime, zbog jedinstvenosti svoga predmeta suvremena je kozmologija prisiljena na ekstrapolaciju lokalnih zakona fizike u domene gdje nisu testirani, a možda su u toj domeni i neprimjenjivi pa se tako suvremena kozmologija suočava s

granicama ne samo onoga što je moguće testirati sada, već i s onim što će se ikada moći testirati u laboratoriju ili akceleratoru. Fizika visokih energija nije potvrđena i nije je moguće potvrditi. Različite ekstrapolacije su moguće iz poznate i testne fizike, s različitim ishodima⁵⁵⁶.

To je iznimno važna činjenica u kontekstu istraživanja ranog univerzuma (prije inflacije), odnosno, u kontekstu istraživanja vremena njegova nastanka (ako je, dakako, imao početak). Naime, s koliko god detalja raspolagali, na koncu se pitanje početka univerzuma uvijek svodi na filozofijsko pitanje⁵⁵⁷. Točnije, filozofijske je naravi cijeli niz pitanja o prirodi kozmosa.

⁵⁵³ Usp. Ellis (1998), 278.

⁵⁵⁴ Usp. Ellis (2014), 12; Ellis (2006b), 1238–1242.

⁵⁵⁵ Ellis (2006b), 1239.

⁵⁵⁶ Ellis (2014), 17.

⁵⁵⁷ Pitanje početka zapravo predstavlja jedno od središnjih (metafizičkih) pitanja na koje su odgovor pokušale dati sve religije, filozofija, a očito i znanost. Vidi: Morowitz (2002), 26.

Tako postaje razvidna paradigma, razvoja kozmološke misli i teorija, po kojoj filozofijske teorije (ideje) postaju inspiracija znanstvenoga istraživanja kojemu je, u ovom slučaju, cilj pronaći teoriju nastanka kozmosa spojivu s kvantnom teorijom i TR⁵⁵⁸. S druge strane, suvremena kozmologija, s obzirom na svoj predmet, mora ekstrapolirati lokalnu fiziku, tj. prijeći granice lokalne fizike, ali ipak kod iskušavanja tih novih spekulacija ne treba baš odmah napuštati temeljne fizikalne konstante, odnosno, dozvoljavati proizvoljnosti u teorijskoj kozmologiji jer »kad se odbaci zlatni standard eksperimentalne potvrde i ne poštuju temeljni znanstveni principi, zašto bi se takve teorije smatrale dobrom znanošću«⁵⁵⁹? Ili, jednostavno rečeno, možda i treba promijeniti nešto u našim teorijama i pristupima, ali to nešto ne može biti isključivo puki zamišljaj i spekulacija bez filozofijskog utemeljenja, bez povezanosti s onime što nas povijest znanosti uči uz napuštanje potrebe za empirijskim utemeljenjem.

2.1.2. *Multiverzum*

S obzirom na teškoće koje za suvremenu kozmologiju izrastaju iz činjenice jedinstvenosti kozmosa, potrebno je reći nešto i o ideji, tj. prijedlogu koji se pokušava ponuditi kao rješenje, a iznimno je bitan za razumijevanje empirijske znanosti i znanstvenosti. Naime, čini se da je pitanje odnosno problem (ne)vjerojatnosti, tj. jedinstvenosti kozmosa rješivo pretpostavkom da živimo u multiverzumu (multisvemiru). Prvi prijedlozi ideje multiverzuma nisu bili motivirani finim ugađanjem, odnosno nisu bili pokušaji objašnjenja finog ugađanja, već su ti prijedlozi izrasli iz neovisnih razvitka kozmologije i fizike čestica, iz pokušaja razumijevanja kozmosa na malim i velikim skalama. Ipak, kako to naglašava B. Carr, čini se da su pojmovi „finog ugađanja“, „antropskog načela“ i „multiverzuma“ usko povezani⁵⁶⁰. Naime, ideja multiverzuma predložena je kao »jedini znanstveno utemeljeni način izbjegavanja finog ugađanja toliko potrebnog za stvaranje uvjeta za postojanje našeg očito malo vjerojatnog (odnosno nevjerojatnog) univerzuma«⁵⁶¹. Drugim riječima, fino ugađanje nije ništa posebno, ali s obzirom na to da je fino ugađanje za neke argument za Božje postojanje, za druge pak visoka vjerojatnost postaje konkurent Bogu⁵⁶². Kad se sve uzme u obzir, možemo izdvojiti tri temeljna motiva za prijedlog teorije multiverzuma:

⁵⁵⁸ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 557.

⁵⁵⁹ Ellis (2014), 17.

⁵⁶⁰ Usp. Carr (2007), 4, 7.

⁵⁶¹ Ellis, Kirchner & Stoeger, (2003), 1.

⁵⁶² Usp. Heller (2013b), 276. U tu raspravu ovdje ne možemo ulaziti no valja istaknuti kako visoka vjerojatnost nije realan konkurent Bogu jer u najmanju ruku pretpostavlja da je klasičan pojam vjerojatnosti valjan na svim

- generativni mehanizam (neizbježan ishod fizikalnih procesa);
- univerzalnost (svojevrsno filozofijsko stajalište koje podvlači fiziku, a logični je zaključak Feynmanovog pristupa kvantnoj teoriji preko metode integrala po putu: ideja da sve što se može dogoditi događa se; temelj kvantne fizike i u neku ruku fundamentalan pristup pitanju postojanja);
- fino ugađanje i antropsko načelo (objašnjenje finog ugađanja konstanti)⁵⁶³.

Spomenute motivacije nisu u međusobnom nesuglasju i mogu se naći zajedno, no prva motivacija je bez sumnje češća za fizičare, a treća za filozofe⁵⁶⁴.

Međutim, teškoće za ideju multiverzuma izrastaju već iz činjenice da postoji više verzija teorije multiverzuma, odnosno, različitih vrsta multiverzuma. Uzevši u obzir više scenarija multiverzumi mogu biti različiti (S. Weinberg, M. Tegmark), mogu prirodno nastati u različitim vremenskim trenucima i na različitim mjestima kroz meta-kozmičke procese poput inflacije ili kozmičkom Darwinovom vizijom (L. Smolin), tj. biti proizvedeni prema hiper-darvinovskom kozmičkom algoritmu (ideja svemira-djece rođene u crnim rupama nekim procesom nasumične mutacije)⁵⁶⁵. Iz takvog konteksta izrastaju nejasnoće glede:

- temeljnog određenja multiverzuma;
- prirode multiverzuma;
- testiranja samih ideja i pojmova.

Ukratko, za definiranje multiverzuma potrebno je jasno odrediti tri temeljna polazišta. Prvo, trebamo opisati prostor mogućnosti (*possibility space*), odnosno, odrediti cjelinu vrste univerzuma (domena) koji mogu postojati. To znači da treba iznijeti neke pretpostavke o fizici i geometriji koje će se tada primijeniti na cijeli niz modela koji se smatraju mogućima u multiverzumu. Bez skupa parametara kao što su parametri fizike (opći zakoni, gravitacija i sl.), kozmološki parametri (tvar, tamna tvar, geometrijska obilježja i sl.), parametri vezani uz postanak života, odnosno, emergenciju složenosti (vrste atoma, stanja tvari, molekula i sl.), nemamo temelja za opis, a često ni ne znamo koji su nam od tih parametara nužni za pojavu

razinama stvarnosti (što je veliko pitanje i ima puno više razloga vjerovati kako je klasičan pojam vjerojatnosti primjenjiv samo na ograničeno područje). Uz to, hipoteza o Bogu je i ekonomičnija i obuhvatnija. Usp. Isto; Ward (2010), 102–105.

⁵⁶³ Spomenute motivacije detaljnije obrazlaže Ellis, (2007), 387–389.

⁵⁶⁴ Usp. Ellis (2007), 389; Ellis (2014), 13.

⁵⁶⁵ Usp. Ellis, Kirchner & Stoeger, (2003), 2; Ward (2010), 91–105.

života⁵⁶⁶. Definiranje spomenutih parametara podrazumijeva izbor između različitih opcija iz čega uvijek ostaje pitanje: zašto smo se odlučili baš za taj niz opcija?⁵⁶⁷. Odnosno, onim što se smatra cjelinom svih mogućih univerzuma može se manipulirati kako bi se proizveo rezultat koji se traži. Ono što se smatra mogućim, tj. cjelinom, može definirati bilo tko i bilo kako pa se u konačnici može postaviti i pitanje: jesu li zakoni logike uopće nužni u svim mogućim univerzumima?⁵⁶⁸. Drugo, budući da multiverzum mora biti fizički, a ne hipotetički pojam, treba specificirati koji su od mogućih univerzuma realizirani (i koliko puta), tj. postavlja se pitanje koji je univerzum realan (stvaran, fizički). No da bismo opisali fizičko realizirani multiverzum, moramo specificirati distribucijsku funkciju svih vrsta (mogućih) univerzuma m realiziranih u cjelini M koju određuju brojni parametri⁵⁶⁹. U konačnici to znači da mora postojati neki (generativni) proces koji određuje tu funkciju. Na to je djelomično moguće ponuditi znanstveno rješenje, ali iza jednog takvog rješenja na kraju bi ostalo pitanje: zašto taj i takav proces, a ne neki drugi? Zašto je temeljna dinamika koja vodi do danog fizičkog niza (tj. skupa ili cjeline) univerzuma upravo tog tipa, a ne nekoga drugog? Na takva pitanja ne postoji znanstveni odgovor⁵⁷⁰. Tako spomenute teškoće obilježava, kao treće, problem mjere, odnosno »kako odabrati optimalnu „mjeru“ ostaje otvoreno pitanje [...] to je matematičko pitanje, ali ima značajne fizikalne implikacije«⁵⁷¹. Iz svega rečenog, očito je da iz pokušaja određenja multiverzuma izrastaju brojni fizikalni i filozofijski problemi. Štoviše, ideja multiverzuma se ponajprije suočava s brojnim znanstvenim zaprekama⁵⁷², a zatim i s onima filozofijske naravi.

⁵⁶⁶ Dok se većina autora zadržava na jednoj ili dvije konstante, M. Rees je iz područja „providnosti znanosti“ ponudio popis od „šest brojeva“ (konstanti) koji moraju biti fino ugođeni kako bi se pojavio život, vidi Rees, 2000. No Ellis ističe kako su to proizvoljno izabrani parametri, tzv. „filozofijski odabiri“ za koje testiranja nisu moguća, a osim toga za fino ugađanje, tj. emergenciju kompleksnosti potrebni su još brojni drugi fizikalni parametri. Vidi: Ellis (2014), 13. Vidi i McGrath (2009), 111–201.

⁵⁶⁷ Usp. Ellis (2006b), 1259; Ellis (2007), 389–392; Stoeger, Ellis & Kirchner (2008), 5–7.

⁵⁶⁸ Usp. Ellis (2006b), 1260. Naravno uvijek nam ostaje otvorena mogućnost bijega u beskonačan regres, ali to bi dovelo u pitanje samo razumijevanje univerzuma odnosno kozmosa koji je određen sa „sve što jest“. Vidi, Isto, 1262.

⁵⁶⁹ Usp. i detaljnije Ellis (2007), 392.

⁵⁷⁰ Usp. Stoeger, Ellis & Kirchner (2008), 11.

⁵⁷¹ Ellis (2007), 393. Da je pitanje „mjere“ otvoreno pitanje vidi npr. Gibbons & Turok, 2008. koji, iako nude mjeru, ističu činjenicu da nemaju neke „znanstvene“ temelje na kojima bi tvrdili da je baš ta mjera ispravna, riječ je na koncu dakle o filozofijskom izboru. Vidi i Smeenk, 2014. koji ističe probleme koji izrastaju čak i kada se ponudi jedinstvena mjera.

⁵⁷² Problem (ne)jedinstvenosti, pojavljivanje samosvijesti, fino ugađanje itd. teškoće su koje detaljno razrađuje Ellis, vidi Ellis (2007), 393–399.

Na koncu, jasno je da mogućnost, odnosno nemogućnost, testiranja ideje multiverzuma predstavlja odlučujući odgovor na pitanje je li riječ o znanstvenoj teoriji ili isključivo o filozofijskom prijedlogu. No, tu se ideja multiverzuma opet suočava s nizom teškoća⁵⁷³ koje se mogu sažeti u sljedeće: domene koje predlaže ideja multiverzuma su točke koje se nalaze izvan dometa opažanja. Tako je fizika multiverzuma, inače ekstrapolirana iz domene testirane i poznate fizike u jedan sasvim novi kontekst (do u beskonačnost), ekstrapolacija na zaista velikoj skali koju ne možemo testirati⁵⁷⁴. S obzirom na to da uobičajeno testiranje nije moguće (a i ono samo se već suočava s brojnim teškoćama), dovode se u pitanje temeljni kriteriji znanstvenosti, pa tako zagovornici ideje multiverzuma dovode u pitanje samu srž prirode znanosti. Odnosno, kako to objašnjava Ellis, »zagovornici multiverzuma predlažu slabljenje prirode znanstvenog dokaza kako bi ideji multiverzuma osigurali znanstveno objašnjenje«⁵⁷⁵, dodajući, štoviše, da je to „opasna taktika“.

U kontekstu svega iznesenog možemo reći da je ideja multiverzuma koristan teorijski prijedlog, ali još uvijek po svojoj naravi isključivo spekulativni doprinos suvremenoj kozmologiji, koji još uvijek treba i filozofijski ispitati. Vjerovanje u istinitost tog prijedloga trenutno je samo to – vjerovanje, a ne utvrđena činjenica⁵⁷⁶. A treba također ispitati koliko je riječ o konzistentnoj filozofiji. Naime, kako vidimo, ideja odnosno prijedlog multiverzuma ne uspijeva riješiti filozofijska pitanja u temeljima suvremene kozmologije već ih naprosto odgađa (pa čak i umnaža), a to je i filozofijski i znanstveno gledano problem. Filozofijske teškoće koje smo istaknuli možemo sažeti u najmanje tri skupine: upitna je priroda samog multiverzuma, otvoreno je pitanje kauzalnosti, a u nekom smislu narušeno je i načelo ekonomičnosti⁵⁷⁷. Nadalje, prijedlog multiverzuma se u velikoj mjeri pokazuje kao rasprava o »odnosu između filozofije i empirijske kozmologije, točnije o ulozi empirijske potvrde u evoluciji kozmoloških teorija«⁵⁷⁸. U tom smislu, temeljni problem je falsifikacija, odnosno, činjenica da određeni zagovornici prijedloga multiverzuma »nisu protiv provjerljivosti, ali naginju nijekati da provjerljivost implicira falsifikaciju; i tumače provjerljivost puno šire nego što je to uobičajeno. [Takvo tumačenje iznimno je opasno jer se na taj način zapravo predlaže] epistemički pomak

⁵⁷³ Detaljnu elaboraciju problema vidi kod: Ellis (2007), 399–405; Stoeger, Ellis & Kirchner (2008), 26–30.

⁵⁷⁴ Usp. Ellis (2014), 14.

⁵⁷⁵ Ellis (2014), 16.

⁵⁷⁶ Usp. Ellis, (2014), 16.

⁵⁷⁷ Tj. načelo jednostavnosti, štedljivosti, škrtosti ili tzv. Ockhamova britva (oštrica).

⁵⁷⁸ Kragh (2014a), 55.

kriterija onoga što bi trebalo biti određeno kao znanost»⁵⁷⁹. Dakle, argumentacija korištena u prijedlogu multiverzuma temelji se

na nestabilnom filozofijskom skoku iz poznatog u nepoznato. Ono što predstavlja je filozofija, ne znanost – i to nedostatna filozofija, zbog toga što donosi neartikulirane pretpostavke o temeljnim pitanjima koja podvlače ono što tvrdi da pokazuje. Pristup nije sposoban dati odgovore koje tvrdi da daje. Ironično je i pomalo frustrirajuće čuti „filozofija je mrtva“ (Hawking & Mlodinow, 2010) i tada u istom tekstu biti podvrgnut vježbi u *low-level* filozofiji [...] takve rasprave ne poštuju granice znanosti⁵⁸⁰.

Prijedlog multiverzuma tako za buduće filozofe znanosti ostaje dobar primjer zahtjevnog odnosa znanosti i filozofije, odnosno »koristan podsjetnik da određenje znanosti, ili demarkacija između znanosti i ne-znanosti, nije i vjerojatno nikada neće biti zatvoreno poglavlje u povijesti znanstvene misli«⁵⁸¹.

2.2. Opažanje

Kako nas to podsjeća Ellis, »kozmoški modeli postaju smisleni samo i tek u trenutku kad bivaju povezani s astronomskim opažanjima«⁵⁸². No, nije to specifikum samo suvremene kozmologije, već preduvjet i svakidašnja praksa svih znanosti. Nedvojbeno je da znanstvena spoznaja u cijelosti na koncu počiva na opažanju. Uobičajeno se smatra da je formiranje moderne prirodne znanosti zaživjelo, tj. općenito postalo moguće, u onom trenutku intelektualnog prijelaza s uglavnom apstraktnih i spekulativnih koncepcija svijeta na pažljivo izloženu sliku utemeljenu na opažanju⁵⁸³. Tako gledano, empirijsko utemeljenje (koje na koncu stječemo opažanjem) opravdano se nameće kao temeljni kriterij znanstvenosti. Ipak, ne bi trebalo previdjeti činjenicu da spomenuta tvrdnja implicira pitanje, odnosno znatno ovisi o tome što smatramo da opažanje uopće jest⁵⁸⁴.

⁵⁷⁹ Kragh (2014a), 55.

⁵⁸⁰ Ellis (2014), 19.

⁵⁸¹ Kragh (2014a), 55.

⁵⁸² Ellis (2006b), 1194.

⁵⁸³ Ipak, treba imati na umu, opažanje nije bilo nevažno ni za prva promišljanja o kozmosu, prirodi ili čovjeku, dapače, kako smo mogli zamijetiti u povijesnom presjeku razvoja kozmoških promišljanja, opažanja su bila iznimno važna, a samo pitanje opažanja oduvijek je bilo usko vezano uz teorije o znanju. Kroz povijest su se mijenjali načini i sustavnost bilježenja podataka odnosno preciznost i tehnike samih opažanja. No, sjetimo li se npr. Sokratove „drugotne plovidbe“ (Vidi: Platon, 1996) postaje razvidno koliko je staro pitanje o vezi između opažanja i znanja, tj. o tome što daje utemeljenje znanju?

⁵⁸⁴ Usp. Agazzi & Pauri (2000), 1.

Naime, problem opažanja je, u kontekstu mogućnosti *a posteriori* spoznaje, davno prepoznat u filozofijskim raspravama kojima su se pokušale ponuditi teorije percepcije, ali i doveden u pitanje u svjetlu pitanja o mogućnosti stjecanja objektivnog empirijskog utemeljenja⁵⁸⁵. U tom smislu, upravo se opažanje pokazuje središnjom i iznimno zahtjevnom temom kada se pobliže razmotri relacija subjekt – objekt u spoznajnom procesu. Naime, pitanja određenja temeljnih kriterija znanstvenosti, empirijskoga utemeljenja, znanstvene metode, teorija percepcije itd., usko su povezana i predstavljaju temeljnu razinu pitanja: što je utemeljeno znanje i može li znanost do njega doći, tj. što znamo o ovome svijetu? U kontekstu promišljanja o opažanju otvara se nekoliko razina rasprave, relevantnih općenito za znanost, posebice za suvremenu kozmologiju. Naime, razvitak tehnologije, teleskopa, laboratorijskih instrumenata i sl. samo je dodatno umnožio razine problematiziranja opažanja, osobito u kontekstu teorija percepcije. Relevantan je to kontekst rasprave i za suvremenu kozmologiju koja se već stoljećima koristi opažanjima u potpunosti ovisnima o teleskopima i detektorskoj tehnologiji⁵⁸⁶. Isto tako, u kontekstu razvitka znanosti i spuštanja na sve niže i više skale, nove znanstvene spoznaje upućuju na činjenicu da subjekt i objekt spoznaje i nisu u potpunosti odvojivi te tako dodatno potvrđuju nužnost promišljanja pitanja mogućnosti stjecanja objektivnog znanja. U sljedećim poglavljima razmotrit ćemo ukratko neke od tema i pitanja koja izrastaju iz tog konteksta.

No, uz to, moramo također spomenuti da se suvremena kozmologija suočava i s još jednom, više tehničkom, teškoćom glede opažanja, a koja vodi u nove filozofijske probleme. Naime, s obzirom na specifična ograničenja opažanja koja suvremenu kozmologiju znatno obilježavaju, nužno se otvaraju dodatne razine rasprave i to oko problematike pododređenosti teorije podacima, s jedne strane, i opterećenosti opažanja teorijom, s druge strane (ne govorimo o razini rasprave koja se vodi u kontekstu realizam vs antirealizam, što ujedno ne znači da spomenute teškoće nisu dio te rasprave). Stoga, pogledajmo ukratko niz filozofijskih tema koje se otvaraju na obje spomenute linije, a važne su za razumijevanje suvremene kozmologije.

2.2.1. Indukcija

Iako se općenito zna i smatra kako je na opažanju utemeljena sva znanstvena spoznaja, ipak se s napretkom eksperimentalne metode pokušalo ponuditi preciznije razlikovanje između

⁵⁸⁵ U tom smislu razlikujemo temeljne teorije percepcije: direktni realizam, indirektni realizam i fenomenalizam (forma antirealizma). Detaljnije vidi: Dancy (2001), 137–200.

⁵⁸⁶ Vidi: Ellis (2006b), 1994.

eksperimenta i opažanja. U tom smislu zaključeno je da je temeljna razlika između eksperimenta i opažanja sljedeća: za razliku od eksperimentalnog pristupa u kojem istraživač aktivno utječe na predmet istraživanja, osnovna karakteristika opažanja je pasivna uloga promatrača. Zadatak opažača (promatrača, motritelja) je bilježenje sličnosti radi otkrivanja povezanosti i regularnosti u pojavama⁵⁸⁷. Pokušamo li odgovoriti na pitanje koje se nameće – na koji bi se način to bilježenje sličnosti, tj. pravilnosti trebalo odvijati – moramo ustvrditi da odgovor uvelike ovisi o znanstvenom području i predmetu istraživanja. Ipak, jedno bi se obilježje pojavilo u svakom od odgovora, a to je objektivnost i sve što uz nju vezemo. No, takvo je razumijevanje opažanja, kao i spomenuto razlikovanje, dovedeno u pitanje u suvremeno doba kada se raspon opažanja proširio i na jednom i na drugom kraju skale.

Naime, možemo reći da je izvorište spomenutog razlikovanja, među ostalim, usko vezano uz indukciju, odnosno, induktivnu metodu. Indukcija predstavlja logički postupak dobivanja općih iskaza polazeći od pojedinačnih. Odnosno, predstavlja proces u kojem se na temelju poznatih pojedinosti donose hipoteze o nepoznatim općenitostima. Dva su osnovna vida induktivne metode: proces stvaranja pojmova i zaključivanje od pojedinačnih sudova na opće (induktivni silogizam). Tako induktivna metoda služi utvrđivanju kauzalnih veza između pojava, odnosno, pomoću nje se elementarni podatci povezuju u zakone koji omogućuju predviđanja događaja. No temelj induktivnog zaključivanja je iskustvena izvjesnost jer premise se dobivaju iz empirijskih postupaka (eksperiment, opažanje, mjerenje). Međutim, s obzirom na to da uz pomoć indukcije ne možemo doći do logički nužnih zaključaka, tj. induktivno je zaključivanje uvijek samo vjerojatno, logičari, poput Poppera, pribjegavali su potpunome odbacivanju indukcije stavljajući naglasak na opovrgavanje. Ipak, pokazalo se da je nepovjerenje prema svim induktivnim zaključcima neodrživo i suvišno. Dakle, kako je to uočio i R. Carnap, osobina znanstvenih konstrukcija je velika vjerojatnost ili barem pragmatička funkcionalnost. Stoga ne čudi da je indukcija jedan od najvažnijih postupaka u znanosti, a po nekima i uvjet same znanosti.

Samo otkriće indukcije pripisuje se Sokratu, ali Aristotelu zahvaljujemo razradu njezina spoznajno-logičkog statusa. Ipak, kada govorimo o znanosti, tada najčešće mislimo na tzv. baconovsku indukciju. Riječ je o ideji znanstvene metode koja je potekla iz Baconova djela *Novum Organum (Novo oruđe)* iz 1620., a još uvijek predstavlja osnovu onoga što većina

⁵⁸⁷ Usp. Carnap (1966), 40.

smatra znanstvenom metodom. Naime, u kontekstu shvaćanja znanosti kao progresivnog akumuliranja znanja o materijalnom svijetu, Bacon je smatrao da je došao do metode kojom bi to akumuliranje znanja bilo puno izglednije⁵⁸⁸. Za nas značajno, temeljna obilježja te metode su: neutralno, tj. čisto promatranje i sustavno tabeliranje podataka. Prema Baconu ispravno utemeljena znanost mora započeti od čistog opažanja bez pretpostavki te mora biti pod njegovim nadzorom, a istinski je znanstvenik objektivni opažatelj (promatrač), tzv. znanstvenik-pčela koji pribavlja „prirodnu i eksperimentalnu povijest“ svih stvari bitnih za predmet istraživanja. Skupljenu građu znanstvenik mora tabelirati i analizirati kako bi otkrio pravu narav predmeta ili pojave. Ključna djelatnost znanstvenika, u postupku znanstvenog istraživanja, je proces isključivanja slučajnih dodataka, jer bitnu narav čine svojstva koja su prisutna u svim pozitivnim slučajevima, a odsutna u svim negativnim slučajevima (odnosno tamo gdje pojave ili predmeta nema). Isto tako, naglasio je Bacon, tijekom znanstvenoga istraživanja treba tragati za negativnim primjerima koji isključuju tendenciju prenapravljenog generaliziranja, a pažnju usmjeriti na slučajeve u kojima neko opažanje pruža osnovu za provjeru između dvaju sukobljenih teorija. Tako Bacon, umjesto nagomilavanja dokazne građe, ističe ono što se svodi na preživljavanje istinski provjerenih teorija čime ujedno anticipira rad K. R. Poppera⁵⁸⁹. Možda najistaknutiji zagovornik induktivne metode bio je R. Carnap koji je smatrao da indukcija počiva na verifikacionizmu, tj. da se induktivnim potvrđivanjem neka znanstvena teorija može smatrati pouzdanom (rast znanosti je akumulacija istinitih iskaza). S Carnapovim stajalištem nije se slagao Popper⁵⁹⁰ koji je temeljnim kriterijem znanstvenosti teorije istaknuo falsifikaciju, tj. opovrgavanje. Suvremena se znanost u tom smislu nalazi na Popperovoj liniji. Unatoč tome, verifikacija i falsifikacija su kao kriteriji valjanosti znanstvene teorije još uvijek otvorena pitanja filozofije znanosti.

Iz rečenoga možemo izdvojiti nekoliko bitnih detalja za suvremenu kozmologiju ako je promatramo kao empirijsku znanost:

- Prvo, činjenica je da je indukcija logički nedostatna, no u znanosti ona predstavlja iznimno važnu i praktično korisnu i nadasve uspješnu metodu. Uz to, zaključci do kojih se dolazi indukcijom imaju veliku vjerojatnost te današnja znanost u biti operira uz pomoć obje metode, induktivnom i deduktivnom.

⁵⁸⁸ Više o znanosti kao akumulaciji znanja vidi: O'Hear (2007), 13; Ule (1996), 13–14.

⁵⁸⁹ Usp. O'Hear (2007), 19–22.

⁵⁹⁰ S tim se stajalištem nije slagao ni Kuhn u svom pogledu na znanost. Vidi: Kuhn (2013), 15–23.

- Drugo, s obzirom na to da je empirijsko utemeljenje temeljni kriterij znanstvenosti, bilo u smislu verifikacije ili falsifikacije kao kriterija valjanosti znanstvenih teorija, mogućnost čisto empirijskog ostvarenja neke znanosti ovisi o nekoliko niti koje pletu uže tzv. znanstvenosti, a to su:
 - objektivnost, u odnosu na koju se otvaraju barem dva smjera pitanja: prvo, pitanje mogućnosti realnog odvajanja subjekta od objekta istraživanja; i drugo, pitanje granica opažanja, tj. opažanju dostupno odnosno nedostupno;
 - čisto opažanje, bez teorijskih pretpostavki, isto tako otvara barem dva smjera pitanja: pitanja vezana uz pododređenost teorije podacima i pitanja vezana uz opterećenost opažanja teorijom.

Tako temeljni kriterij znanosti nalazimo u empirijskom utemeljenju, dok u isto vrijeme cijela znanstvena spoznaja ovisi o objektivnosti koja, smatramo, svoj najviši stupanj ostvaruje komplementarnim pristupom.

2.2.2. *Objektivnost*

Kako vidimo, najistaknutije obilježje znanstvenoga znanja⁵⁹¹ i znanstvene djelatnosti u smislu empirijskog utemeljenja nedvojbeno je objektivnost. Štoviše, mogućnost ostvarenja objektivnog opisa, ali i objektivnog pristupa predmetu istraživanja, jedna je od temeljnih pretpostavki stvaranja znanstvene slike svijeta. Naime, upravo to »što određuje istinitost ili neistinitost znanstvenih teorija jest o čovjeku neovisna nepovijesna priroda«⁵⁹², tj. »nepristranost prirode prema našim osjećajima, vjerovanjima i željama znači da je posao provjeravanja i razvijanja znanstvenih teorija neosjetljiv na ideološku pozadinu pojedinačnih znanstvenika«⁵⁹³. Time se neovisnost o subjektu pokazuje kao zanimljiva dimenzija toliko željene objektivnosti što je stoljećima stječu upravo brojni subjekti⁵⁹⁴. Dakle, pod nužnom metafizičkom pretpostavkom da zbilja objektivno proizvodi iskustvene podražaje s pomoću kojih se može spoznati onakva kakva uistinu jest, znanstvena bi slika svijeta trebala pružati opis zbilje koji odgovara karakteru i kakvoći objekta izučavanja⁵⁹⁵. Na toj se liniji objektivnost, tj.

⁵⁹¹ Zanimljivo promišljanje odnosu objektivnosti i istine, tj. o objektivnosti kao zamjeni za istinu u kontekstu suvremene znanosti vidi: Agazzi (2014), 1–10.

⁵⁹² O'Hear (2007), 13.

⁵⁹³ Ule (1996), 15.

⁵⁹⁴ Usp. Agazzi (2014), 51.

⁵⁹⁵ Takav je pristup svojstven i suvremenoj kozmologiji. Vidi npr. Hawking (2009), 58.

predmetnost u znanosti, može promatrati iz perspektive odvojenosti od ikakvih subjektivnih utjecaja, u smislu nepristranosti znanstvenika, tj. dosljedne primjene znanstvene metode.

Objektivnost kao obilježje znanstvene djelatnosti iznimno je važna karika čiji se značaj otkriva u barem dvije dimenzije na razini uspješnosti znanstvenih teorija: u smislu potvrđivanja i u smislu predviđanja. Pojednostavljeno rečeno, što je veći stupanj objektivnosti teorije, to je veći stupanj potvrde od strane drugih subjekata. Isto tako, što je veći stupanj objektivnosti, to je veći stupanj točnosti predviđanja, ali i što je točnije znanstveno objašnjenje i to je vjerodostojniji opis zbilje – više odgovara karakteru i kakvoći proučavanoga objekta. Stoga je iz svih elemenata znanstvene metode potrebno ukloniti bilo kakav subjektivizam. Naime, čini se kako je jedini način na koji možemo provjeriti svoje napore u shvaćanju zbilje taj da potvrdimo da je slika te zbilje neovisna o subjektu, tj. da se s tom slikom slažu i drugi subjekti – u smislu da je riječ o znanstvenom znanju neovisnom o bilo kojem subjektu. Na taj način dolazimo do temeljnih obilježja znanstvenoga znanja, tj. do onoga što nazivamo univerzalnost i nužnost, odnosno, do tri (dovoljna) obilježja objektivnosti: neovisnost o subjektu, univerzalnost i nužnost⁵⁹⁶. Suvremena znanost prihvaća upravo taj spomenuti oblik objektivnosti.

No, suvremena znanost je tu istu objektivnost dovela u pitanje. Naime, tzv. kvantna revolucija je stavila u pitanje upravo pasivni odnos subjekt-objekt kao model spoznaje. Prvi put je istaknut značaj utjecaja subjekta na promatrani objekt, promatrača na promatrano. Tim utjecajem sam subjekt postaje unutarnji sudionik stjecanja znanstvenoga znanja s brojnim novim varijablama koje treba uzeti u obzir pri krajnjoj procjeni objektivnosti znanstvenoga znanja⁵⁹⁷. Kvantna revolucija je tako cijelom procesu stjecanja znanstvenoga znanja pridala unutarnju dimenziju te je došlo do svojevrsnog gubljenja vjere u mogućnost zahvaćanja objekta, odnosno uopće do izricanja objektivnog opisa. U tom smislu Heisenberg je istaknuo kako je kvantna teorija

dovela do rezultata da jedan atom nije tvorba dostupna našoj zornoj predodžbi u istom smislu kao neki predmet drevnog iskustva. Atomu ili, točnije, najmanjoj gradivnoj čestici suvremene atomske fizike, elektronu, prema ovoj teoriji ne pripadaju više „po sebi“ čak ni najjednostavnije geometrijske ili mehaničke osobine, već ih on ima u onoj mjeri u kojoj su dostupne pomoću vanjskih zahvata promatranja. Pri tome među različitim promatranim osobinama atoma postoji neka komplementarnost u tom smislu da poznavanje jedne osobine može istovremeno isključiti poznavanje neke druge osobine⁵⁹⁸.

⁵⁹⁶ Unatoč tome što se objekt uvijek manifestira kao individualan i unatoč tome što je znanje rezultat zasebnog (subjektivnog i jedinstvenog) iskustva. Usp. Agazzi (2014), 51–54.

⁵⁹⁷ Vidi: Lelas (2000), 220–230.

⁵⁹⁸ Heisenberg (1998), 72.

Tako su se relacije neodređenosti i valno-čestični dualizam pokazali kao posebni slučajevi još općenitijeg načela komplementarnosti. To je načelo zauzelo važno mjesto u promišljanjima znanosti. Ipak, pogled na znanost i znanstveno znanje (na makro-razinama) uglavnom je objektivistički. Odbaciti objektivnost na makro-razini čini se kao nepotreban i nesuvisao potez. Ali ignorirati činjenicu da se stupanj objektivnosti, odnosno mogućnosti realnog zahvaćanja predmeta istraživanja, smanjuje u smjeru mikro-razine bilo bi isto tako nesuvislo. Zbilja je slojevita i ne može joj se pristupiti istim metodama na njezinim raznim razinama. Naše vrijeme, dakle, mora iznaći neko novo rješenje. Načelo komplementarnosti kao opći filozofijski princip možda nudi barem prvi korak na putu prema rješenju, tj. cjelovitoj spoznaji zbilje.

2.2.3. Distinkcija promotrivo/nepromotrivo

No, prije govora o komplementarnosti, u kontekstu govora o empirijskom utemeljenju i objektivnoj spoznaji, u slučaju suvremene kozmologije moramo nešto detaljnije reći i o nizu ograničenja tehničke naravi. Naime, uz netom iznesena pitanja koja je otvorila tzv. kvantno-teorijska revolucija, suvremena kozmologija se na više razina suočava s pitanjem opažanja dostupnog, tj. promotrivog i opažanju nedostupnog, tj. nepromotrivog. To za suvremenu kozmologiju znači da se, zbog ograničenja tehničke naravi, mora suočiti s nizom problema i znanstvene i filozofijske naravi.

Naime, suvremena kozmologija raspolaže s tri načina na koje dolazi do empirijskoga utemeljenja:

- astronomska opažanja;
- opažanja bližih objekata;
- dokazi iz lokalne fizike⁵⁹⁹.

Iz svake od triju spomenutih kategorija suvremena kozmologija dobiva brojne i vrijedne empirijske podatke koji su, posebice u posljednjih stotinjak godina, omogućili ubrajanje suvremene kozmologije među empirijske znanosti.

Neupitno je tako da su granice opažanja pomaknute, što je za suvremenu kozmologiju iznimno važno. Ali isto tako, razvidno je da će točke zvane singularnost i granice opažanja, kao i granice

⁵⁹⁹ Takvu podjelu donose: Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 5–9.

našeg spoznajnog aparata, uvijek postojati na nekoj razini, i na jednom i na drugom kraju skale. Upravo iz tih točaka singularnosti i granica opažanja izrastaju brojna pitanja i teškoće te u tom smislu nije neobično da se znanost, odnosno, neka znanstvena disciplina, suoči s granicama vlastite spoznaje. Neobično bi bilo da te granice ne uoči ili zanemari. Je li suvremena kozmologija onda išta posebno s tim u svezi? Posebna je brojnost i raznolikost granica s kojima se, u odnosu na druge znanosti, suvremena kozmologija suočava u ovom kontekstu. No, možda upravo to, među ostalim, suvremenu kozmologiju čini zanimljivom i u istraživačkom i u teorijskom ali i u filozofijskom smislu. Pogledajmo поближе o čemu je riječ.

Astronomska opažanja

Suvremena kozmologija svoje utemeljenje nalazi u brojnim podacima dobivenim astronomskim opažanjima. Od onih najjednostavnijih koje je iznjedrila stara metoda opažanja golim okom do podataka iz iznimno složenih opažanja, koja zahtijevaju složenu tehnologiju i sofisticiranu analizu podataka⁶⁰⁰. Na potonjima se uglavnom utemeljuje suvremena kozmologija. U tom smislu, suvremena kozmologija ima na raspolaganju brojne podatke, poglavito o zračenjima iz različitih dijelova elektromagnetskog spektra, među kojima je najpoznatije i za kozmologiju najvažnije KMPZ. Na temelju tih i takvih astronomskih opažanja donose se zaključci o raspodjeli tvari, o rasporedu i formama velikih struktura, o udaljenostima planeta ili galaksija i sl. No, spoznaja univerzuma znatno ovisi o svojstvima uređaja kojima se univerzum promatra i svojstvima samih signala koji se bilježe. Stoga, u konačnici, detekcija i analiza različitih vrsta elektromagnetskih zračenja zahtijeva različite pristupe i uzrokuje različite vrste teškoća⁶⁰¹. Stoga, suvremenu kozmologiju karakterizira iznimna složenost obrade podataka što implicira povećanje mogućnosti pogrešaka, ali i dodatne teškoće. Takav kontekst rezultira činjenicom da »eksperimentalno postoji problem kod mjerenja slabih signala i isključivanja efekata međudjelovanja s tvari, stoga moramo teorijski postaviti hipoteze o fizikalnim zakonima i uvjetima u izvorima, i na temelju toga moramo pokušati utvrditi unutarnja svojstva izvora«⁶⁰².

Uz visok stupanj složenosti i veliku količinu podataka iz opažanja, suvremena kozmologija se glede astronomskih opažanja, za razliku od drugih znanosti, nalazi u specifičnom položaju i

⁶⁰⁰ Usp. Ryden (2006), 7.

⁶⁰¹ Usp. Vujnović (2010), 43.

⁶⁰² Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 6.

zbog toga što podatci koje zaprima brzinom svjetlosti ujedno predstavljaju i veliku udaljenost i pogled u prošlost, što samo otvara dodatna pitanja. Uz to, s koliko god spoznaja o univerzumu raspolagali, a raspolaže se s puno podataka, ipak treba imati na umu da je kozmos iznimno velik i nepoznat u odnosu na opažanju dostupno područje našega univerzuma. Naime, mi univerzum možemo promatrati samo iz jednog događaja unutar prostor-vremena, tzv. „ovdje i sada“, i sa svim postojećim podacima, »čak i dugoročno prikupljanje astronomskih podataka i programske analize (recimo, skupljanjem podataka tijekom sljedećih 10,000 godina svim mogućim sredstvima uključujući raketnim sondama osposobljenim za let brzinom svjetlosti) ne bi nam omogućile izbjegavanje ove restrikcije [...]«⁶⁰³. To pak izravno govori i o nužnosti komplementarnog pristupa pitanju kozmosa i o tome da suvremena kozmologiju nužno u obzir mora uzeti filozofiju.

Opažanje bližih objekata

Suvremena kozmologija se uvelike koristi i podacima geološke prirode. Naime, pažljivo ispitivanje fizički dostupnih objekata, tj. njihovog sastava, sadržaja ili odsutnosti određenih elemenata, govori o njihovoj strukturi, ali i o razvoju i starosti. To su korisni podatci i za suvremenu kozmologiju koja pomoću spomenutih spoznaja i spektralne analize pokušava utvrditi fizičko i kemijsko stanje, tj. sastav svemirskih tijela i njihovu starost. Budući da je naš pogled u kozmos pogled u prošlost, tako dobivamo informacije o fizičkoj evoluciji tvari, skroz do u vrijeme nastajanja univerzuma, te suvremena kozmologija i na taj način pokušava ponuditi odgovore na pitanje o evoluciji svemira, i to u sklopu promišljanja nukleosinteze u razdoblju neposredno nakon velikoga praska.

Na primjeru spektralne analize istaknuli smo teškoće glede eksperimentiranja, uočivši da suvremena kozmologija u svom kozmos-laboratoriju ne može manipulirati sa svojim predmetima već ih mora uzeti onakvima kakvi jesu. No, uz to, za spektralnu analizu se smatra kako »dokazuje da u cijelome svijetu postoje jednaki fizikalni zakoni, da su svojstva materije jednaka i da se mogu jednako tumačiti. Drugačije postavljeno, ako se objekti nalaze u jednakim uvjetima, procesi se na njima zbivaju jednako, bez obzira na kojem se dijelu svemira nalaze«⁶⁰⁴. No, potrebno je uočiti najmanje dvije teškoće s kojima se suvremena kozmologija suočava u odnosu na ovu važnu spoznajno-istraživačku metodu:

⁶⁰³ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 7.

⁶⁰⁴ Vujnović (2010), 15.

- spektralna analiza ne dokazuje da u cijelom kozmosu postoje isti zakoni, nego to pretpostavlja, i to na jednom malom uzorku iz kojeg se samo u okvirima vjerojatnosti može zaključivati na opažanju dostupno područje;
- kontekst NVP se, isto tako, suočava s nemogućnošću stvaranja eksperimentalnih uvjeta u kojima bi se testirale hipoteze o prvim trenucima velikoga praska.

Sve nas to još jednom dovodi do zaključka da suvremena kozmologija nužno mora uzeti u obzir filozofiju. Štoviše potrebno je izgraditi filozofiju kozmologije adekvatne dubine.

Dokazi iz lokalne fizike

Doprinosi iz lokalne fizike sastavni su dio svih informacija s kojima suvremena kozmologija raspolaže. Naime, bez lokalne fizike ne bi bio moguć ni govor o nekoj astrofizici. Uostalom kozmos, tj. univerzum, je kontekst lokalne fizike. Tako je sasvim razumljivo da je jedno od temeljnih pitanja filozofije kozmologije sami odnos lokalne fizike i kozmologije. Niz pretpostavki u tom kontekstu govori o filozofičnosti suvremene kozmologije. Prije svega, kao što smo već spomenuli, eksperimenti lokalne fizike nisu eksperimenti astronomije ili kozmologije, te se suvremena kozmologija u tom smislu suočava s pitanjem valjanosti, odnosno, opravdanja ekstrapolacije fizikalnih zakona s lokalne na globalnu razinu.

Nadalje, uvriježeno je mišljenje da, kad bi »kozmoško okruženje bilo supstancijalno drugačije, lokalni uvjeti bi bili drugačiji i u većini slučajeva mi ne bismo bili ovdje [zbog čega je] kozmologija od supstancijalnog interesa za sva (cjelovita) znanstvena nastojanja, jer postavlja okvir svim drugim znanostima, i za samu egzistenciju promatrača i znanstvenika«⁶⁰⁵. U slučaju pitanja Olbersova paradoksa, izoliranih sustava, odnosno klasične fizike ili smjera vremena, prijedlog je isti: lokalni fizikalni uvjeti su posljedica nekih globalnih uvjeta, odnosno svojstava, tj. specifičnih kozmoških graničnih uvjeta (*boundary conditions*) iz ranog univerzuma. Stoga se i u ovom kontekstu suvremena kozmologija suočava s više pitanja:

- možemo li odrediti narav odnosa lokalno-globalno?
- ovise li fizikalni zakoni o prirodi univerzuma i na koji način?
- koji je odnos fizikalnih zakona i graničnih uvjeta?

Svaki pokušaj odgovora na kraju mora ustvrditi da su ti prijedlozi

intrinzično nepodložni ispitivanju, stoga što ne možemo promijeniti granične uvijete kozmosa kako bi vidjeli što će se dogoditi. Ipak, oni nude važnu eksplanacijsku

⁶⁰⁵ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 535–536.

paradigmu koja povezuje kozmologiju i lokalnu fiziku. Postoji bitna teškoća u razlikovanju zakona fizike i graničnih uvjeta u kozmološkom kontekstu nastanka univerzuma. Efektivni fizikalni zakoni mogu ovisiti o graničnim uvjetima univerzuma, i čak mogu varirati na različitim prostornim i/ili temporalnim lokacijama [...]»⁶⁰⁶.

Kako vidimo, temeljna pretpostavka kojom se služi suvremena kozmologija, da bi uopće mogla izreći nešto u globalnom kontekstu, glasi: zakoni lokalne fizike su svugdje isti. Problem koji se javlja na toj liniji je tzv. variranje konstantni. Naime činjenica je kako se »ono što konstituira lokalnu fiziku mijenja s vremenom [odnosno da se mijenja priroda lokalne fizike, zbog čega] neke fundamentalne konstante u trenutnom obliku lokalne fizike mogu postati dinamične u novom obliku«⁶⁰⁷. U svakom slučaju, svaka teorija, kao što je npr. OTR, sadrži tzv. fundamentalne konstante čije se vrijednosti ne mogu predvidjeti samom teorijom. No, ona (teorija) biva potisnuta pojavom teorije u kojoj se te konstante pojave kao izvedene ili dinamične varijable, odnosno, drugačije postavljeno, znak loma teorije je variranje fundamentalne konstante. Zbog toga moguće varijacije moraju biti podvrgnute testiranju što indicira dvije daljnje teškoće:

- fundamentalne konstante varijacija često i nisu podložne testiranju;
- stoga i dolazi do formiranja brojnih alternativnih teorija koje nude rješenja s varijacijama fundamentalnih konstanti. Npr. kozmološke teorije koje predlažu varijacije brzine svjetlosti, tzv. kozmologije s promjenjivom brzinom svjetlosti (*varying-c cosmologies*). No ta alternativna rješenja često dodatno umnažaju teškoće u smislu nemogućnosti testiranja te otvaraju cijeli niz teškoća u drugim područjima fizike za koje ne nude adekvatno i prijeko potrebno rješenje⁶⁰⁸.

Upravo spomenuti kontekst, sasvim predvidivo, izvor je cijelog niza pitanja na koje odgovore na koncu možemo formulirati jedino filozofijskim odabirima. Neka od tih pitanja (filozofijske naravi) već smo detaljnije komentirali pa stoga ovdje samo navodimo niz dodatnih pitanja koja izrastaju iz netom iznesenog konteksta:

- Zašto je univerzum baš takav kakav jest?
- Kako objasniti činjenicu da je univerzum kontekst s fino ugođenim konstantama koje omogućavaju život?

⁶⁰⁶ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 539.

⁶⁰⁷ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 539.

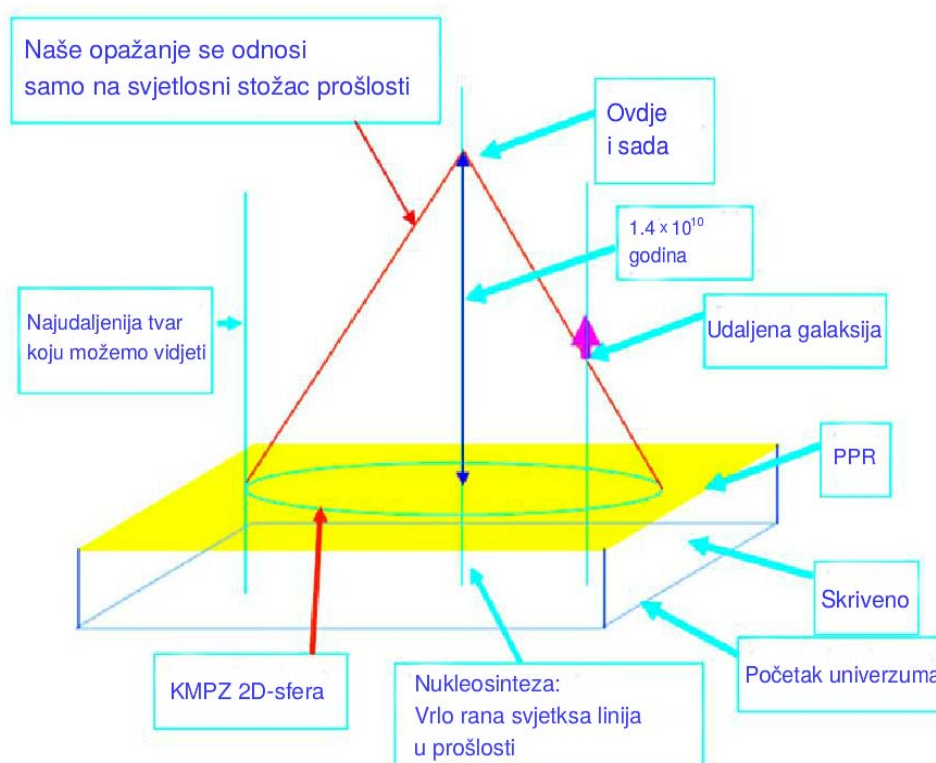
⁶⁰⁸ Usp. i detaljnije o nizu alternativnih prijedloga za variranje fundamentalnih konstanti i teškoće koje izrastaju iz tih pokušaja vidi: Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 539–542.

- Zašto uopće konstante imaju vrijednost koju imaju?
- Koji su točno zakoni nužni kako bi život bio moguć?
- Kako uopće odrediti prirodne zakone, tj. koja je njihova narav?
- Kako razlučiti početne, tj. granične uvjete od prirodnih zakona?

2.3. Ograničenja suvremene kozmologije

Suvremena kozmologija se, kako vidimo, glede empirijske provjerljivosti, tj. empirijskoga utemeljenja (za razliku od drugih prirodnih znanosti) nalazi u zaista posebnom položaju, kako u eksperimentalnom tako i u opažajnom smislu. Sažmemo li ono što smo uočili iz prethodnih poglavlja u jednu rečenicu, možemo reći da eksperimenti s univerzumom jednostavno nisu izvedivi i da je pristup udaljenim područjima našega univerzuma ograničen, koliko god se raspon opažanja proširivao. Štoviše, uočavamo da se suvremena kozmologija suočava s dvije temeljne vrste ograničenja. S ograničenjima tehničke naravi, s onima koja će s razvojem tehnologije nestati, kao i s ograničenjima tehničke naravi koja nikada neće nestati (npr. nikada neće biti izgrađen mikroskop na koji će se moći položiti univerzum za detaljnije promatranje). No, uz ograničenja tehničke naravi, suvremena kozmologija se suočava i s ograničenjima koja su posljedica i naravi njezina predmeta, ali i specifikuma čovjekova spoznajnog aparata. Riječ je o tzv. fundamentalnim problemima na koja odgovor i ne može doći isključivo iz empirijske perspektive, a koji, kao i problemi tehničke naravi, predstavljaju svojevrsna ograničenja koja suvremena kozmologija mora prihvatiti i koja ju čine filozofičnom. Na kraju, treba dodati i to da su dvije spomenute vrste ograničenja samo načelno odvojive te da su i u jednom i u drugom kontekstu jednako značajne i znanstvena i filozofijska perspektiva; i empirija i teorija i filozofija; i empirijska potvrda i teorijske postavke i epistemološka pitanja i ontološki okvir. Time se nameće zaključak da se suvremena kozmologija, na temelju specifikuma vlastita predmeta istraživanja, ne može razumjeti isključivo kao empirijska disciplina. Suvremena kozmologija je po svojoj naravi filozofična.

Tako je na temelju uočenih posebnosti suvremene kozmologije razvidno da je u suvremenoj kozmologiji pristup toliko potrebnom empirijskom utemeljenju ograničen na sljedeće načine (vidi dijagram 3, str. 173):



Dijagram 3. Opservacijsko stanje u kozmologiji⁶⁰⁹.

Pogledamo li pobliže istaknuta ograničenja koja možemo pribrojiti ograničenjima tzv. tehničke naravi, očita je potreba suvremene kozmologije za filozofijom, odnosno potreba za izgradnjom prikladne filozofije suvremene kozmologije. Već se iz istaknutog konteksta tzv. tehničkih ograničenja pojavljuje cijeli niz teškoća i relevantnih filozofijskih pitanja. Vratimo li se na ono što zorno prikazuje istaknuti dijagram uočavamo potrebu suvremene kozmologije za filozofijom u odnosu na niz problema koji proizlaze iz tehničkih ograničenja. Riječ je o sljedećem:

- prva granica, kako smo već naznačili, posljedica je konačnosti brzine svjetlosti. Naime, podaci koje opažamo, zaprimamo iz udaljenih dijelova univerzuma pomoću fotona koji nam putuju u susret brzinom svjetlosti. Uz ono što smo istaknuli u prethodnim poglavljima, konačna posljedica ovoga ograničenja može se izraziti na sljedeći način: »Što dalje pogledamo u prošlost, problemi postaju gori; pa se naše pouzdano znanje o univerzumu rapidno smanjuje s udaljenošću«⁶¹⁰. No, tome treba dodati i to da je naš pogled u univerzum zapravo pogled u prošlost, a to znači da mi svoje znanje o opažanju

⁶⁰⁹ Dijagram 3. preuzet od: Ellis (2014), 8. PPR odnosno površina posljednjeg raspršenja.

⁶¹⁰ Ellis (2006b), 1221.

nedostupnoj sadašnjosti ekstrapoliramo iz opažanju dostupne prošlosti. Naš je uvid, tj. naša spoznaja, spoznaja stanja kakvo je bilo pa se tako naše znanje o sadašnjem stanju temelji ne samo na nekom modelu već na modelu konstruiranom pogledom u prošlost⁶¹¹;

- drugu granicu predstavlja skupina tzv. opažajnih horizonata. Naime, s obzirom na to da iz opažanju dostupnih podataka zaključujemo da univerzum postoji neko konačno vrijeme, odnosno da živimo u nekom Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker⁶¹² univerzumu, te da signali blijede s udaljenošću, sasvim je razvidno da su naša opažanja ograničena. U tom smislu razlikujemo čestične i vizualne horizonte koji predstavljaju kauzalni i vizualni doseg udaljenih područja. Univerzum postaje transparentan za opažanje tek nakon što se univerzum ohladi te odvoje tvar i radijacija koji su u razdoblju ranog svemira povezani. Tada, u ranom univerzumu, strukture na velikim skalama postaju transparentne, odnosno možemo detektirati KMPZ. U tom je smislu pristup informacijama iz elektromagnetskog izvora ograničen vizualnim horizontom prema kojem znamo da koliko god i što god možemo opaziti, stoji s ove strane horizonta. Naravno, postoje alternativna rješenja ovoga problema prema kojima živimo u malom univerzumu, ali svi empirijski podatci upućuju na to da su takve alternative nevjerojatne. Nadalje, budući da je naša komunikacija ograničena brzinom svjetlosti, suočavamo se i s čestičnim horizontom koji kaže da kauzalna povezanost s tvari može postojati isključivo s ove strane horizonta⁶¹³. Dakle, sam »značaj horizonata je dvostruk: oni utemeljuju kauzalna ograničenja relevantna za nastajanja struktura i uniformiranosti, i predstavljaju apsolutne granice onoga što je podložno provjerljivosti u univerzumu«⁶¹⁴. Trenutni doseg opažanja odnosno veličina vizualnog horizonta je 42 milijarde svjetlosnih godina⁶¹⁵. Naravno, granica će zasigurno biti pomaknuta, kao što je nedavno pomaknuta detektiranjem gravitacijskih valova, no doseg opažanja će i dalje ostati ograničen na isti način – imat će svoj horizont, a to znači da podatci o većini univerzuma nikada neće biti dostupni;
- treća granica je tzv. fizikalni horizont koji nam kaže da suvremena kozmologija ne može testirati fizikalno bitne procese koji su se odvijali u ranom univerzumu (jednostavno

⁶¹¹ Usp. i detaljnije: Ellis (2006b), 1220–1221; Ellis (2014), 8; Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 6–7, 540–542.

⁶¹² Dalje: FRLW

⁶¹³ Usp. Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 8–9.

⁶¹⁴ Ellis (2006b), 1204.

⁶¹⁵ Usp. Ellis (2014), 14.

nismo u mogućnosti izgraditi akcelerator veći od našeg Sunčevog sustava). Drugim riječima, »fizikalni horizont nas sprječava u eksperimentalnom testiranju relevantne fizike kada pokušamo primijeniti fizikalno rezoniranje na ranija vremena [...] što se događa u ranijim vremenima uključuje fiziku koja ne može biti direktno promatrana ili potvrđena«⁶¹⁶;

- dodatno, u kontekstu govora o ograničenjima suvremene kozmologije, u obzir uvijek treba uzeti da su svojevrsna ograničenja i efekti detekcije i selekcije bitni u određivanju što mi to vidimo, tj. promatramo i mjerimo⁶¹⁷.

3. Modeli

U ovo naše vrijeme, pogotovo u znanstvenom diskursu, česta je uporaba pojma „model“. Ne čudi to jer se modelima u današnje vrijeme koristimo gotovo u svim znanstvenim područjima, od društvenih do empirijskih znanosti. No, uporaba modela je puno starija. Naime, na korištenje modelima nailazimo već u prvim filozofijskim promišljanjima, npr. kod atomista, iako se taj pojam u pravom znanstvenom smislu počinje razvijati i rabiti tek negdje u drugoj polovici devetnaestog stoljeća. Razvoju i uporabi modela pogodovala je matematizacija eksperimentalne znanosti (ponajprije fizike) te uporaba mehaničkih modela. Matematizacija, razvoj i širenje raspona korištenja modela sustavno su nastavljeni pa su modeli počeli zauzimati sve važnije mjesto u znanosti⁶¹⁸.

Danas su izgradnja modela, testiranje, usporedba modela itd. sastavni dio suvremene znanosti te se može reći da je model temeljni instrument suvremene znanosti koji poprima razne oblike (modeli atoma, modeli gena, modeli društva, ekonomski modeli, kozmološki modeli itd.). Štoviše, u mnogim slučajevima umjesto konstruiranja teorija velikoga opsega znanstvenici se opredjeljuju za izgradnju modela nekog ciljanog sustava. Dapače, u mnogim kontekstima pojam „modela“ je gotovo istisnuo iz uporabe pojam „teorije“ te se na nekim područjima znanosti čini kao da nema ničega drugoga već da postoje isključivo modeli, jer ili modeli gotovo

⁶¹⁶ Ellis, Maartens & MacCallum (2012), 9.

⁶¹⁷ Kako vidimo, ograničenja suvremene kozmologije možemo podijeliti na više različitih nivoa i načina. Ovako iznesenu razdiobu ograničenja suvremene kozmologije nalazimo kod: Ellis (2014), 7.

⁶¹⁸ Usp. Bailer-Jones (2009), 21–23.

konstruiraju teoriju ili nema ničega odvojenog što bi se moglo nazvati teorijom⁶¹⁹. Primjer takvoga slučaja je upravo suvremena kozmologija. Stoga i kozmolozi upozoravaju da

ovdje moramo biti svjesni različitosti izričaja koji može zbuniti. Kozmolozi često koriste termin „teorija“ samo za vrlo općenitu teoriju kao što je OTR ili kvantna teorija, a termin „model“ za njihovu aplikaciju na neki specifičan sustav, čak i cjelovit sustav kao što je cijeli univerzum. Tako, ono što bi filozofi nazvali „kozmoloska TVP“ od kozmologa je nazvano „SKM“ ...taj model predstavlja, ne jednu moguću povijest univerzuma, već cijeli skup mogućih povijesti koje se razlikuje na razne načine [...]⁶²⁰.

No, u filozofijskom diskursu pojam „modela“ odnosi se na jednu povijest, jedan skup temeljnih obilježja. Upravo iz tih razlika izrastaju brojna filozofijska pitanja, a to je posebice vidljivo u kontekstu problema pododređenosti modela opažanjem.

Inače, znanstveni modeli su kao tema vrijedna proučavanja istaknuti još tamo 1950-ih (E. H. Hutten, M. Hesse, R. Braithwaite), a s obzirom na ubrzano širenje prakse korištenja modela u znanstvenim istraživanjima pitanje modela preraslo je u jednu od aktualnijih tema filozofije znanosti. Među problematiziranjima tako nalazimo cijeli niz pitanja, kao što su sljedeća: imaju li modeli za cilj interpretiranje teorije? Kako znanstvenici koriste modele? Koliko su modeli cjeloviti u smislu izostavljanja pojedinih parametara? Jesu li modeli samo vizualizacije? Jesu li modeli heurističke vodilje eksperimentiranju i što to znači? Jesu li modeli puki opisi ili nešto više? Kakav je odnos modela i teorije?⁶²¹ Što je uopće model? Je li model neki skup teorijskih struktura, skup opisa ili jednadžbi? Je li znanje o modelu znanje o entitetu ili pojavi koju istražujemo? Na temelju istaknutih pitanja možemo zaključiti da se u kontekstu problematiziranja modela pojavljuju filozofijska pitanja ontološke i epistemološke naravi⁶²².

Ovdje ne možemo ulaziti u sva spomenuta pitanja. No, imajući na umu navedeno, iznosimo temeljno određenje modela i izdvajamo neke od teškoća koje implicira narav modela, a koje su osobito značajne u kontekstu suvremene kozmologije. Naime, upravo te teškoće, uzimajući u obzir do sada rečeno u odnosu na eksperiment i opažanje, izravno upućuju na neizbježnost „filozofijskih odabira“ za suvremenu kozmologiju, pa i kada se govori o njezinu empirijskom utemeljenju.

⁶¹⁹ Usp. Rosenberg (2005), 97.

⁶²⁰ Butterfield (2012), 5–6.

⁶²¹ Usp. Bailer-Jones (2009), 101–102.

⁶²² Dobar uvid u tematiziranja modela i modeliranja može se pronaći u bibliografiji: Frigg, R. Oxford Bibliographies Online. Dobar uvod je i već navedeno djelo: Bailer-Jones, 2009, na kraju kojeg je isto tako priložena korisna bibliografija i Morrison, 2015.

3.1. Određenje i vrste modela

Unatoč raširenoj praksi korištenja modela na različitim znanstvenim područjima, ne postoji jednoznačna definicija modela. Previše je otvorenih pitanja filozofijske naravi vezanih uz modele da bi se jedna takva definicija uopće mogla ponuditi. Možda je stoga korektnije iznijeti kako sami znanstvenici razumiju modele:

- modeli su iznimno važni za današnju znanstvenu praksu;
- postoji tendencija da se teorije smatraju fundamentalnijima i općenitijima od modela, dok se za modele smatra da se mogu izvoditi iz teorija te tako pokazati na koji način teorije doprinose modeliranju specifičnih fenomena;
- smatra se da modeli pružaju uvid i doprinose razumijevanju prirodnoga svijeta;
- modeli pojednostavljuju stvari te na taj način pokušavaju „uhvatiti“ bit nečega, dok izostavljaju manje bitne detalje o modeliranom fenomenu;
- modeli mogu biti ograničene valjanosti, to znači da različiti modeli mogu izvršavati različite funkcije. Dakle, modeli mogu biti korisni, a da se ne zna jesu li „dobri“ ili čak kada se zna da nisu „dobri“;
- modeli ne bi trebali odgovarati samo dostupnim empirijskim podacima već bi trebali poticati predviđanja i tako postati provjerljivi⁶²³.

Ovakav, po svojoj biti, pragmatični pristup pokazuje da je za znanstvenike najvažnije da model (tj. „to nešto“) služi svrsi za koju je dizajniran, a sve drugo biva sporednim pitanjem. No, to ne znači da ne postoje pitanja koja valja postaviti, da su ona nevažna i da njih nije potrebno barem pokušati odgovoriti.

U suvremenoj znanosti možemo razlikovati tri uobičajene vrste modela:

- matematičke modele;
- računalne modele;
- konkretne modele (uključujući modele organizme i idealizacije primjeraka npr. neke stanice).

Uz ovakvu klasifikaciju nalazimo napomenu da svaka vrsta modela može biti razvijena verbalno te da stoga možemo reći da opisni modeli ne predstavljaju zasebnu kategoriju. Naravno, postoji i mogućnost da uz navedene vrste modela postoji još vrsta modela, ali svi se ti modeli mogu smatrati podvrstom jedne od triju istaknutih (temeljnih) skupina⁶²⁴.

⁶²³ Navedene odrednice su sukus izjava znanstvenika s različitih znanstvenih područja što ih je u svom istraživanju sabrala Bailer-Jones (2009), 13.

⁶²⁴ Usp. Weisberg (2013), 4–5. Detaljnije o konkretnim modelima vidi: Isto, 15–19. Za razloge zašto računalne modele ne valja svesti pod matematičke modele vidi: Isto, 19–23.

Svaki model ima svoju strukturu (po toj strukturi se modeli međusobno razlikuju) koja se može koristiti za reprezentaciju realnoga ili imaginarnog fenomena, a vezani su uz interpretacije kojima se postavljaju relacije značenja između modela i njegovih ciljeva i koje nam govore uz što je model vezan⁶²⁵. U tom smislu, modeli mogu biti materijalni ili konceptualni, a za cilj mogu imati opis ili objašnjenje. Problematiziranje o sličnostima i razlikama između pojedinih vrsta modela još je jedna otvorena i zahtjevna tema koju ovdje ne možemo otvarati. U kontekstu ovoga rada potrebno je daljnje promišljanje usmjeriti na kozmološke modele koji se ubrajaju među matematičke modele, ali i računalne modele.

3.2. Kozmološki modeli

Brojna znanstvena područja su se tek u novije doba počela služiti modelima, ali znamo da je kozmologija od svojih početaka vezana uz modele. Za suvremenu kozmologiju možemo tvrditi da je neodvojiva od modela. Modeli su zaista temeljni instrumenti suvremene kozmologije.

Sam termin „kozmoški model“ odnosi se na »bilo koji matematički model kojim se žele obuhvatiti opažanjem uočena obilježja univerzuma [što, preciznije rečeno, znači da je kozmoški model skup matematički izraženih] fizikalnih zakona za koje se pretpostavlja da su istiniti i skup pretpostavki o okolini na koju se ti zakoni trebaju primijeniti«⁶²⁶. Budući da je riječ o matematičkim modelima, kozmoški modeli se formiraju matematičkim konceptima, odnosno, imaju matematičku strukturu kojom prezentiraju stanja i relacije između stanja, posebice gradacije⁶²⁷. Na temelju toga možemo zaključiti da kozmozi konstruiraju u potpunosti konceptualnu a ne materijalnu vrstu modela⁶²⁸. Strukturu samog modela čine različiti simboli koji uključuju klasični i matematički jezik te dijagrami i grafikoni kojima se modeli prezentiraju⁶²⁹. Ipak, temelj za izgradnju te strukture trebali bi biti podatci skupljeni opažanjima, odnosno »dobro utvrđena opažanja su temelj bilo kojeg teorijskog kozmoškog modela«⁶³⁰.

⁶²⁵ Usp. Weisberg (2013), 15, 24.

⁶²⁶ Liddle & Loveday (2009), 77.

⁶²⁷ Usp. Weisberg (2013), 29.

⁶²⁸ Usp. Munitz (2006), 559.

⁶²⁹ Usp. Munitz (2006), 559.

⁶³⁰ Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 3.

3.2.1. Dvostruka uloga ili metodološka neodvojivost

Suvremena kozmologija kao znanstvena disciplina svom predmetu pristupa na dva načina: empirijskom metodom (i to u njegovoj opažajnoj, a ne eksperimentalnoj dimenziji) i oblikovanjem teorija (izgradnjom modela). No, u metodološkom smislu ta su dva pristupa suvremene kozmologije neodvojiva⁶³¹, odnosno »podatci opažanja i suvremena teorijska fizika su temelji kozmologije«⁶³². Upravo ta metodološka neodvojivost otkriva da je jedno od središnjih pitanja filozofije kozmologije pitanje odnosa empirijskoga utemeljenja i teorije, odnosno modela.

No, osim te metodološke neodvojivosti također treba primijetiti tzv. dvostruku ulogu i opažajne i teorijske kozmologije. Naime, dvostruku ulogu opažajne kozmologije prepoznavamo kao, s jedne strane, prikupljanje podataka i, s druge strane, pribavljanje potvrda za predviđanja modela. Kada pak govorimo o dvostrukoj ulozi teorijske kozmologije, tada mislimo na to da se teorijski kozmolog prikupljenim podacima služi za izradu modela univerzuma i za to da ustanovi na koji se način model može koristiti za interpretiranje dobivenih podataka⁶³³.

Značajno je zapaziti da su tzv. dvostruka uloga i metodološka neodvojivost točke iz kojih u kontekstu suvremene kozmologije izrastaju dvije vrste teškoća dobro poznatih filozofiji znanosti (teškoće vezane uz Baconovu tzv. bespredmetnost, odnosno, objektivnost), a to su opterećenost opažanja teorijom (*theory-ladenness of observation*) i pododređenost teorije (modela) podacima (*underdetermination of theory by data*). Temeljno pitanje, u tom smislu, glasi: što čemu prethodi? Zatim, kakav je odnos teorije (modela) i empirijskoga utemeljenja?

3.2.2. Pododređenost teorije podacima i opterećenje opažanja teorijom

Sam pojam empirijske pododređenosti ima puno dimenzija i tezu o pododređenosti teorije podacima nalazimo na više različitih razina. U epistemološkom smislu govor o pododređenosti možemo prepoznati u oblicima skeptičkih propitivanja znanja kakve nalazimo npr. kod R. Descartesa, dok je u kontekstu filozofije znanosti pitanje pododređenosti teorija, poglavito fizike, otvorio P. Duhem⁶³⁴. Tezu pododređenosti je na sve znanstvene teorije, odnosno, na

⁶³¹ Usp. Munitz (2006), 558.

⁶³² Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 2.

⁶³³ Usp. Munitz (2006), 558–559.

⁶³⁴ Vidi: Duhem, 1962.

znanje općenito, poopćio W. V. Quine od kojega dolazi formulacija, poznata kao određenje (jake) pododređenosti, koja kaže da

znanstvenici formuliraju hipoteze koje govore o stvarima koje su izvan dometa opažanja. Hipoteze su povezane s opažanjima samo nekom vrstom jedno-smjerne implikacije; uglavnom, događaji koje promatramo su ono što očekujemo na temelju vjerovanja predloženog hipotezom. Te uočene posljedice hipoteze pak ne impliciraju hipotezu. Zasigurno postoje i alternativne hipotetske podstrukture koje bi očitovale isto. Takvo je učenje da je prirodna znanost empirijski pododređena; pododređena ne samo prijašnjim opažanjima već svim opažajnim događajima⁶³⁵.

Dakle, kako Quine sugerira, nije neobično da tezu o pododređenosti nalazimo u problematiziranjima o cijelom nizu entiteta, koji se zapravo mogu smatrati empirijski pododređenima, a to su npr. prirodna znanost, sustavi vjerovanja, teorije, modeli. Štoviše, istu tezu prepoznajemo u kontekstu govora o opravdanju, o znanstvenoj metodologiji, o dokazima, o opažanju, o empirijskoj ekvivalenciji, o empirijskom sadržaju itd⁶³⁶.

Iako ni ovdje ne možemo otvarati sve razine rasprave o problemu pododređenosti teorije podacima ili opterećenosti opažanja teorijom, treba uočiti da iza spomenutih problema stoje dvije jednostavne ideje:

- empirijski dokazi koje posjedujemo (na neki način) nisu dovoljni za donošenje odluke koja vjerovanja u odnosu na njih treba zastupati;
- opažanja su opterećena (tj. usmjerena) teorijskim postavkama.

Te dvije ideje usko su povezane. Postoje u slabijim i jačim oblicima, u slabijem ili jačem smislu⁶³⁷. Gledano u sveukupnosti, ta dva problema suočavaju znanost s činjenicom da se i u slučaju strogog oslanjanja na empirijsku potvrdu (znanost) u konačnici mora osloniti na tzv. filozofijski odabir.

I u kontekstu ovih problema suvremena kozmologija se nalazi u nešto nezavidnijem položaju u odnosu na druge znanosti, kako zbog naravi vlastita predmeta, tako i zbog naravi samih modela. Naime, s obzirom na postojeća ograničenja opažanja i s obzirom na nemogućnosti testiranja u suvremenoj kozmologiji pojavljuje se potreba za uvođenjem teorijskih pretpostavki i u pogledu fizike i u pogledu geometrije⁶³⁸. No, rečenom treba pribrojiti i to da su modeli u konačnici

⁶³⁵ Citat preuzet od: Bonk (2008), 1.

⁶³⁶ Usp. Bonk (2008), 2.

⁶³⁷ Detaljnije vidi: Bonk (2008), 1–44.

⁶³⁸ Usp. Ellis (2014), 7.

idealizacije, ali i to da suvremena kozmologija s modelima svoj predmet nikad ne može zahvatiti cjelovito. Stoga se suvremena kozmologija, i općenito gledano i na sebi svojstven način, suočava s pododređenošću teorije, odnosno modela, opažanjem i s opterećenošću opažanja teorijom.

I kozmolozi su svjesni da se suvremena kozmologija suočava sa spomenutim problemima. Tako glede pitanja pododređenosti teorije opažanjem kozmolozi uglavnom smatraju kako »kozmiologija ne ulazi u opću filozofijsku raspravu o opravdanju prihvaćanja naših teorija, posebno naših trenutnih teorija o malim objektima nedostupnim opažanju [već, upravo suprotno, ističe Butterfield,] kozmiologija naše trenutne fizikalne teorije uglavnom tretira kao 'dane'«⁶³⁹. Naravno, moglo bi se postaviti pitanje uspijeva li kozmiologija takvom pretpostavkom izaći iz spomenute rasprave? Odgovor bi iz filozofijskoga kuta gledanja morao biti: zasigurno ne. Dakle, filozofija je zaista prijeko potrebna. Nadalje, kozmolozi ističu i činjenicu da u suvremenoj kozmiologiji nije toliko riječ o nedostatku potvrde za opće teorije, već da se prije postavlja pitanje mogu li podatci prikupljeni iz opažanju dostupnog univerzuma potvrditi jedan model (tih dobro zasnovanih teorija; *well-established*) kao onaj ispravan⁶⁴⁰. Ali i na ovoj liniji treba uočiti nekoliko teškoća, a to su:

- nejasno korištenje pojmova „teorija“ i „model“ u suvremenoj kozmiologiji, to je prva teškoća koju bi trebalo riješiti (prije iznošenja ikakvih tvrdnji);
- odlučiti se za govor u kontekstu „dobro zasnovanih modela ili teorija“ automatski isključuje razgovor o svim drugim osim (u ovom slučaju) relativističkim teorijama, tj. modelima, što već predstavlja svojevrstan filozofijski odabir;
- konačno, nameće se pitanje kako, osim filozofijskim odabirima, utvrditi koji je od tih dobro zasnovanih prijedloga, odnosno modela, ispravan? Koju povijest univerzuma opisanu s OTR i kvantnom teorijom trebamo prigrliti?

Na koncu, kako to posebno napominje Ellis, čak i kada bi se uspjela izbjeći pododređenost na razini modela još uvijek bi ostala pododređenost na razini interpretacije, odnosno, glede toga što sve model implicira za naše razumijevanje svijeta⁶⁴¹. Stoga, na temelju iznesenog, možemo zaključiti da je filozofija neizbježna sastavnica suvremene kozmiologije.

⁶³⁹ Butterfield (2014), 57.

⁶⁴⁰ Usp. Butterfield (2014), 58.

⁶⁴¹ Usp. Ellis (2014), 7.

3.2.3. Klasifikacija kozmoloških modela

Suvremena kozmologija, kao i svaka znanost, poznaje više vrsta modela koji su bili ili su još uvijek predmet problematiziranja i (ili) testiranja, iako je potonjega zasigurno manje. Isto tako, može se činiti kako je jednostavno govoriti o klasifikaciji modela, ipak s obzirom na različite mogućnosti klasifikacije to i nije baš jednostavan zadatak. Pitanje koje se prvo nameće jest: po čemu se modeli razlikuju? Odgovor na to pitanje vodi do teorijskih postavki modela. Naime, temeljne razlike među modelima moramo tražiti u njihovim teorijskim pretpostavkama i to stoga što razlike u teorijskim pretpostavkama dovode do razlika u pitanjima na koja se traže odgovori (pitanje pododređenosti teorije podacima i opterećenosti opažanja teorijom), što rezultira različitim skupom parametara modela (koji su ujedno potrebni za potvrdu empirijske utemeljenosti modela). A stoga se na kraju modeli jedan od drugoga razlikuju i u tumačenju pojava, događaja i obilježja univerzuma u njegovoj cjelovitosti.

Kozmološke modele tako možemo klasificirati u odnosu na njihove temeljne početne pretpostavke. Odnosno, kozmološke modele razlikujemo po pitanjima koja model postavlja, ali i prema odgovorima na ta pitanja. U tom smislu razlikujemo poglavito sljedeća takva pitanja:

- Što je gravitacija?

Sila je općenito jedan od najzagonetnijih filozofijsko-znanstvenih pojmova, a između četiri fundamentalne sile koje su nam poznate gravitacija je najzagonetnija sila prirode⁶⁴². U tom smislu je i teorija gravitacije, koja je sama srž kozmoloških teorija, i filozofijski i znanstveno otvoreno pitanje. Među pokušajima odgovora na pitanje gravitacije danas, u kontekstu relativističkih teorija gravitacije, razlikujemo najmanje tri glavna pristupa prema kojima:

- gravitacija predstavlja svojstvo prostor-vremena odnosno geometriju zakrivljenoga prostora;
- gravitacija bi bila vrsta tvari unutar prostor-vremena;
- vrijedi teorija direktne interakcije (*direct-interaction theory*).

Sam odabir relativističkih teorija, a zatim i jednog od spomenutih pristupa, više je filozofijski nego znanstveni odabir – iako ne možemo reći da do nekog stupnja nije znanstveno utemeljen. No, svaki se od spomenutih pristupa, u kontekstu ovoga pitanja,

⁶⁴² Detaljnije o pojmu sile općenito, ali i o ulozi i mjestu toga pojma u suvremenoj znanosti vidi: Jammer, 1957.

na koncu suočava s temeljnim problemom, odnosno, s pitanjem što je gravitacija? Tako se suvremena kozmologija nužno suočava s filozofijskim pitanjem o naravi gravitacije.

- Kako se tvar raspodjeljuje prostorom?

Raspodjela tvari prostorom još je jedno od filozofijsko-znanstvenih pitanja suvremene kozmologije, i to na barem dvije linije. Prvo, pitanje raspodjele tvari usko je vezano uz KP, odnosno uz pitanja homogenosti i izotropije. Naime, to je princip koji se sam po sebi ne može eksperimentalno ni potvrditi ni opovrgnuti (iako se u nekoj mjeri testira) te je suvremena kozmologija opet nužno stavljena pred tzv. filozofijski odabir. Drugo, suvremena kozmologija se nužno suočava s pitanjem o naravi tvari, i one vidljive, ali i tamne tvari. Što je tamna tvar? To je otvoreno pitanje. Ali, što je uopće tvar? To je još veća znanstvena i filozofijska zagonetka.

- Koja je priroda tzv. crvenoga pomaka?

Crveni pomak je jedan od triju empirijskih temelja suvremene kozmologije. O njemu smo već detaljnije govorili pa ovdje treba ukratko istaknuti sljedeće: iako je postojanje crvenoga pomaka opažajno neupitno, još je uvijek otvoreno pitanje na koji ga način interpretirati. U tom su smislu svojedobno bila predložena najmanje četiri moguća uzroka (kozмолоškog) crvenog pomaka:

- širenje prostora;
- Dopplerov efekt;
- gravitacijski efekt;
- efekt zamorene svjetlosti (*tired light effect*)⁶⁴³.

- Koja je priroda KMPZ-a?

Kao i kod prethodnoga pitanja i u slučaju KMPZ-a suvremena kozmologija se suočava s teškoćom objašnjavanja prirode i pojave KMPZ. U tom smislu postoje dvije temeljne linije kojima se pokušava objasniti priroda KMPZ-a:

- izvor KMPZ-a nalazimo u ranim fazama razvoja univerzuma;
- KMPZ je rezultat integracije doprinosa odgovarajućeg skupa nebeskih objekata.

Netom istaknuti pristupi pitanju prirode KMPZ srž su opredjeljenja, u prvom slučaju, za modele velikoga praska, odnosno SKM ili, u drugom slučaju, neke alternativne modele. Koja je linija bolje prihvaćena nije potrebno govoriti, ali sama prihvaćenost nekoga modela ne otklanja činjenicu da postoje nedorečenosti, pa time i potrebe za alternativama.

⁶⁴³ Posljednja ideja najvjerojatnije više nema pobornika.

- Što je evolucija i strijela vremena?

Pitanje evolucije i pitanje vremena⁶⁴⁴ još je jedna tema koja je bitna za svaki pokušaj oblikovanja neke kozmološke teorije, tj. modela. Spomenute tematike nerazdruživo su vezane činjenicom ireverzibilnosti prirodnih procesa, tzv. vremenskom strijelom za koju, isto tako, još uvijek postoji nekoliko mogućih rješenja:

- tzv. termodinamička strijela;
- elektromagnetska strijela;
- ekspanzija prostora⁶⁴⁵.

Kako vidimo, razlika između modela odnosno kozmoloških teorija, može se pojednostavljeno svesti na razliku u odgovorima na netom iznesena pitanja koja istodobno predstavljaju otvorena filozofijsko-znanstvena problematiziranja iza svake kozmološke teorije, odnosno modela. Ipak, iz dosad rečenoga možemo apstrahirati najpoznatije, a ujedno suprotstavljene teorije odnosno modele:

- TVP, odnosno, relativističke modele – danas općenito poznate pod nazivom FLRW modeli, a među kojima se nalazi trenutno općeprihvaćeni SKM koji je izgrađen na uspjehu modela odnosno TVP;
- model ravnoteženog univerzuma, tzv. model ravnotežnog stanja (*steady state*);
- fraktalna kozmologija (*fractal cosmology*);
- model zamorene svjetlosti (*tired light model*)⁶⁴⁶.

Uz sve izneseno, na kraju treba također istaknuti kako suvremena kozmologija istaknuta pitanja uglavnom problematizira i sagledava (testira parametre modela) u kontekstu relativističkih teorija, tj. u kontekstu SKM-a kao najbolje prihvaćenog opisa univerzuma. No, problematično je to da se suvremena kozmologija već kod prvih koraka u procesu oblikovanja teorija ili izrade modela nužno oslanja na filozofijske odabire koji impliciraju cijeli niz daljnjih koraka istraživanja. To nesumnjivo otvara brojna pitanja, a možemo ih svesti na temeljno pitanje koje bi glasilo: kada bi se pokušalo nešto drugačije (kada bi za testiranje bio odabran neki drugi model), bi li bilo drugačije? Nemamo odgovor na to pitanje. No, na temelju iznesenoga u

⁶⁴⁴ Detaljnije o raspravama vezanim uz vremensku strijelu u kontekstu suvremene kozmologije vidi: Mersini-Houghton & Vaas, 2012. Općenito o povijesnom razvoju pojma vremena vidi: Mainzer, 2002.

⁶⁴⁵ Za iznesenu klasifikaciju i objašnjenja: Usp. Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 4–11.

⁶⁴⁶ Detaljnije vidi Baryshev, Sylos Labini, Montuori & Pietronero (1994), 11–12., ali i npr. Bondi (1998); Bonnor (1998); Penrose (2005), 27.11.

poglavlju o modelima možemo zaključiti da suvremena kozmologija još uvijek nema ni dovoljnu količinu, a ponekad ni dovoljno preciznih empirijskih podataka da svoje odluke (odabira teorije, odnosno modela) donosi na temelju njih već je nužno okrenuta tzv. filozofijskim odabirima, a i narav modela, koji predstavljaju njezin temeljni instrument, suvremenu kozmologiju okreće filozofijskim odabirima. Kako smo već isticali, suvremena kozmologija je primorana na filozofijske odabire u kontekstu tzv. tehničkih problema, onih na koje se s vremenom možda i nađe prikladan odgovor, ali i u kontekstu onih tehničkih problema koji se ne mogu otkloniti. No, uz to, kojem se god modelu priklonio, kozmolog se nužno suočava i s nizom temeljnih filozofijskih odabira potrebnih za početak formiranja modela, ali i s nizom fundamentalnih pitanja (npr. kako objasniti vremensku strijelu) na koja odgovor ne može ni tražiti u kontekstu empirijske potvrde. Sve su to dodatni razlozi zašto se suvremenu kozmologiju ne može razumjeti kao isključivo empirijsku disciplinu i indikatori da je suvremenoj kozmologiji zapravo prijeko potrebno formiranje adekvatne filozofije kozmologije.

3.2.4. O naravi modela i implikacijama

Pitanje o naravi modela i implikacijama koje iz te naravi izrastaju izravno otvaraju prethodne cjelina ovoga rada. No, pitanje o naravi modela ne pripada isključivo kontekstu govora o kozmološkim modelima već predstavlja jednu od aktualnijih tema filozofije znanosti i tiče se svih znanosti koje se modelima koriste. Stoga je ovo problematiziranje značajno za sve te znanosti.

Samo pitanje naravi modela uključuje i propitivanje odnosa teorijskih postavki i empirijskih podataka, odnosno pitanje naravi modela se može i mora promatrati s barem dvije strane. Promišljanje o odnosu teorijskih postavki i empirijskoga utemeljenja modela otkriva nam samu narav modela i implikacije koje iz te naravi izrastaju. Naime, kada je riječ o empirijskim podacima treba imati u vidu dinamičnost same znanosti. Što to znači? To znači da empirijski podatci koji su potrebni za utemeljenje kozmološkog modela u jednom trenutku mogu biti nepoznati (npr. zbog nedostatnosti instrumentarija), ali s vremenom ti isti empirijski podatci mogu postati poznati ili se promijeniti. To je pak iznimno važno za teorije, odnosno za same modele jer u tom se slučaju novi empirijski podatci, kao novi ili prepravljeni parametri, ugrađuju u postojeći model. Tako nam uvid u odnos teorijskih postavki i empirijskoga sadržaja potrebnih za formiranje modela otkrivaju barem dvije značajne činjenice koje možemo uobličiti u dva važna zaključka:

- kozmološki modeli uglavnom nemaju potpuno empirijsko utemeljenje, oni za njim tragaju, a uz to i izračuni predviđanja nekog modela, zbog kompliciranosti izračuna, često zahtijevaju uvođenja dodatnih tzv. fenomenoloških parametara⁶⁴⁷;
- teorijske postavke, tzv. teorijski okviri nisu trajni, s rastom preciznosti opažanja i teorijske pretpostavke zahtijevaju preispitivanje.

Za svaki model, dakle, možemo izdvojiti njegove temeljne teorijske postavke i empirijske stupove koji su prepoznatljivi kao parametri izabranoga modela. No, svojevrsno temeljno obilježje svakog modela je činjenica da je kozmološki model, iako je model fizikalnog sustava, pojmovna a ne materijalna konstrukcija i na koncu uvijek idealizacija⁶⁴⁸. To što je riječ o idealizaciji predstavlja i prednost i nedostatak modela kao temeljnog instrumenta suvremene kozmologije, ali i znanosti općenito. U tom smislu treba istaknuti dvije napomene:

- prvo, zakoni i teorije kojima pokušavamo opisati prirodu izraženi su matematički. Upravo to je razlog zašto model ne može biti direktan slikovit prikaz, ali ni predočiti sve što verbalno izričemo. Naime, možda se do neke mjere i možemo poslužiti vizualnim prikazom, ali on nikada ne može predočiti dodatna obilježja koja nisu i ne mogu biti uključena u model⁶⁴⁹. Riječ je o obilježjima koja se ne mogu matematički izraziti, a ne o parametrima koji nisu uključeni u model, a mogli bi biti matematički prikazani;
- drugo, model se izrađuje na temelju najvažnijih obilježja nekoga događaja dok manje bitna zanemaruje. U tom smislu svaki model nužno nudi idealiziranu sliku opažanja, dok neka svojstva uključuje, a druga isključuje⁶⁵⁰.

Ipak, a i to treba reći, upravo u tome leži i svojevrsna prednost modela. Naime, model omogućuje logičku dedukciju matematičkih posljedica, njihovu međusobnu usporedbu te usporedbu s fenomenom s kojim je model povezan u prirodi. Iz rečenog možemo zaključiti da su modeli iznimno korisni, no često nisu ništa više doli spekulacija ili ideja.

Nadalje, svojevrsno „zlatno pravilo“ bi glasilo: što je model jednostavniji to je korisniji. Naime, što više varijabli model uključuje to je teže, a možda i nemoguće, riješiti jednadžbe, rasvijetliti

⁶⁴⁷ Usp. Liddle & Loveday (2009), 282–283.

⁶⁴⁸ Usp. Ellis (2014), 6.

⁶⁴⁹ Usp. i detaljnije Munitz (2006), 559.

⁶⁵⁰ Usp. Prokhovnik (1985), 16–17.

njegova predviđanja i koristiti se njime za rješavanje problema. Možda su se upravo zato modeli pokazali manje korisnima na području biologije ili društvenih istraživanja gdje bi u model trebalo uključiti puno više parametara, tj. varijabli⁶⁵¹. U tom smislu, imamo li na umu cjelovit odgovor na pitanje kozmosa, u kontekstu suvremene kozmologije može se pojaviti ista sumnja. Naime, kozmos obilježava složenost kemijskih i fizikalnih procesa te složenost struktura univerzuma na velikim skalama. To je pak sasvim valjan razlog da modele shvatimo samo kao pokušaje odgovaranja na nekoliko partikularnih pitanja. Razvidno je, naime, da će u odnosu na model uvijek postojati manje skale koje taj model ne mogu uključiti (ili iz nekih drugih razloga ne uključuju). Isto tako, uvijek će postojati opažanju nedostupna područja koja su problem suvremene kozmologije na velikim skalama. Stoga se, uzmemo li u obzir i probleme vezane uz (ne)mogućnosti testiranja modela, postavlja pitanje: koliko kvalitetan odgovor na pitanje kozmosa uopće možemo dobiti pomoću modela⁶⁵²?

Pitanja, odnosno probleme s kojima se suvremena kozmologija suočava kada je riječ o modelima možemo sažeti i podijeliti u dvije skupine, i to prema tome s kojim ciljem koristimo modele. Dakle, ako modele koristimo:

- s ciljem opisa, nameće se pitanje koliko su ti opisi (tj. modeli) točni. Tu se pojavljuju barem četiri teškoće. Što će to točno opisivati modeli (geometriju, tvar, polja)? Koliko će biti opći? Koliko će se vrsta kozmoloških modela istraživati i uspoređivati (ono što ne istražujemo u odnosu na to ne možemo postavljati pitanja)? Budući da će u odnosu na model uvijek biti nedohvatljivih skala (manjih ili većih), postavlja se pitanje: koje su opisne skale uključene? Konačno, iznimno je važno na koji će način predloženi modeli biti testirani? Naime, s obzirom na to da kozmološki modeli izriču tvrdnje u odnosu na univerzum koji nije u potpunosti dostupan opažanju, pitanje je do kojeg se stupnja takve tvrdnje mogu nazivati znanstvenima⁶⁵³;
- s ciljem objašnjavanja, pojavljuju se barem tri teškoće. Prvo, koju vrstu kauzalnosti predviđaju u kozmologiji? S obzirom na to, tj. drugo, postavlja se pitanje gdje su granice naših kauzalnih modela, tj. što ćemo uzeti kao takvo bez pokušaja da to objasnimo? Naime, eksperimentalnu fiziku možemo koristiti do određenih granica, a iza njih ulazimo u područje spekulacije, odnosno činjenica je da svaki model ima svoj

⁶⁵¹ Usp. Prokhovnik (1985), 16; Ellis (2014), 6.

⁶⁵² Usp. Ellis (2014), 6–7.

⁶⁵³ Usp. Ellis (2014), 6.

(ograničeni) raspon valjanosti. Konačno, odnosno treće, do kojeg su stupnja naši kauzalni modeli podložni testiranju?⁶⁵⁴

Na kraju, možemo reći kako je neupitno da su modeli i korisni i nužni, pa čak i kada znamo da nisu sasvim točni. Štoviše, često su modeli

namjerna pojednostavljenja koja zanemaruju kauzalne varijable za koje znamo da postoje no malene su u odnosu na ono što model predlaže, pa kad i znamo da im zbilja uopće ne odgovara, oni još uvijek mogu biti računalno ili pedagoški korisni načini za upoznavanje predmeta⁶⁵⁵.

No, unatoč svim dobrim stranama modela, treba imati na umu da su modeli na koncu idealizacije. Štoviše, na temelju iznesenog razvidno je da su modeli samo djelomični opisi kojima ne možemo obuhvatiti cjelinu – s ovim se problemom posebice suočavaju znanosti sa složenim predmetima istraživanja kao što su npr. biologija, sociologija, ekonomija ili psihologija, a daleko najviše kozmologija. To su ograničenja s kojima se iz konteksta modela na poseban način suočava suvremena kozmologija i, kako to posebno ističe Ellis, te bi probleme koji se pokazuju kao svojevrsna ograničenja suvremene kozmologije trebalo poštivati i na taj način prihvatiti zaključak da cjelovit odgovor na pitanje kozmosa možemo pokušati ponuditi jedino komplementarnim pristupom.

4. Komplementarnost filozofije i znanosti

Znanosti su davno pokušale osigurati vlastitu autonomiju ne samo od filozofije već i jedna od druge. Time se osim do brojnih specijaliziranih područja i slika svijeta i znanost sama rascjepkala u brojne dijelove te je tako samo fragment umjesto cjeline postao sva stvarnost nekoga područja. No, pitanja koja izviru iz tih posebnih područja svoje odgovore uglavnom ne mogu dobiti samo iz okvira jednog fragmenta. U tom je smislu Heisenberg u svom predavanju *Jedinstvo prirodoznanstvene slike svijeta* primijetio sljedeće:

Pred našim se očima mijenja vanjska slika ovoga svijeta, a borba oko njezina oblikovanja, koja je iznijeta posljednjim sredstvima iziskuje sve snage. U takvim vremenima misli o duhovnoj promjeni kao da same od sebe stupaju u pozadinu. Nasuprot tome za vanjsko oblikovanje svijeta od jednokratnih velikih događaja ništa manje važne nisu lagane promjene u mišljenju i čovjekovoj želji te kad se u bilo kojem duhovnom području postupno dovršava neka trajna i korjenita promjena, to ima i u velikom okviru neko značenje za preoblikovanje budućnosti. Stoga se može dopustiti da naše doba bude jednom razmotreno i opisano s neuobičajene strane kao

⁶⁵⁴ Usp. Ellis (2014), 6–7.

⁶⁵⁵ Rosenberg (2005), 99.

ono koje je značajno i u znanstvenom području u kojem se čini da se spajanje raznih prirodnih znanosti izgrađuje u neko veliko jedinstvo. O tome jedinstvu prirodoznanstvene slike svijeta treba, dakle, biti u budućem govoru pa već u ovom postavljanju pitanja leži priznanje da s tim jedinstvom nije uvijek u prošlosti stajalo najbolje⁶⁵⁶.

Heisenberg je tako naznačio jedno od iznimno važnih pitanja: kako postići jedinstvo prirodoznanstvene slike svijeta i što je sve potrebno kako bi prirodoznanstvena slika svijeta bila cjelovita? To se pitanje osobito tiče suvremene kozmologije kojoj je, kako i iz njezina određenja proizlazi, cilj ponuditi cjelovit odgovor na pitanje kozmosa. No, upravo se pod tim vidom suvremena kozmologija suočava s tzv. fundamentalnim problemima koji su proizašli upravo iz njezina konteksta, a među njima je temeljni problem suvremene fizike, problem tzv. kvantne gravitacije, tj. nemogućnost ujedinjenja OTR i kvantne mehanike⁶⁵⁷. No, na stranicama ovoga rada istaknuli smo još mnoštvo problema koji suvremenu kozmologiju priječe u oblikovanju cjelovitog odgovora na pitanje kozmosa. Mišljenja smo pak, kako smo na više mjesta isticali, da nas upravo istaknuta ograničenja, što tehničke što fundamentalne naravi, vode promišljanju o komplementarnosti kao mogućem putu prema cjelovitosti, u prvom redu, prirodoznanstvene slike, a zatim i prema cjelovitijem odgovoru na pitanje kozmosa. U kontekstu potonjega smatramo kako je potrebno izaći iz ustaljenih okvira i otvoriti prostor nešto drugačijem razumijevanju i pitanja kozmosa i komplementarnosti – smatramo kako je za ostvarenje toga potrebno uzeti u obzir filozofiju. Naime, baš kao što je Heisenberg u govoru o jedinstvu različitih znanstvenih disciplina, u prvom redu fizike i kemije, uočio i istaknuo da je Newtonova mehanika bila preuska te ju je stoga trebalo nadomjestiti nečim drugim tako i mi uočavamo da je neka čisto prirodoznanstvena slika svijeta nedostatna, preuska, da je riječ o pogledu iz samo jedne perspektive, ma koliko disciplina zajedno nudilo odgovor. Kao što je to naglasio H. Poincaré, »znanost ne može biti dovoljna zato što vidi samo jedan dio čovjeka, ili, ako više volite, ona vidi sve, ali vidi sve s iste strane«⁶⁵⁸. Cjelovitost slike zahtijeva, dakle, i pogled s druge strane. S druge strane, vjerujemo, nalazi se filozofija.

No, prihvatimo li ideju o potrebi filozofije za oblikovanje cjelovite prirodoznanstvene slike svijeta čini se da se suočavamo proturječjem, većim od onoga o kojem je govorio još Aristotel, a istaknuo ga je i Heisenberg – riječ je o odnosu cjeline i dijelova. Ipak, promišljajući o tom

⁶⁵⁶ Heisenberg (1998), 65.

⁶⁵⁷ Usp. Smolin (2007), 5.

⁶⁵⁸ Iz predavanja pod naslovom *Moral i znanost*. Poincaré (1989), 195.

pitanju u kontekstu jedinstva prirodoznanstvene slike svijeta, Heisenberg je istaknuo da je to proturječje samo prividno, odnosno

ostaje, dakle – barem prividno – postojati proturječje o kojem se često raspravljalo između pojedinačnih pojava u organizmu, koje očito mogu biti potpuno objašnjenje pomoću fizike i kemije, te karakterističnih svojstava životnih procesa u cjelini. Vrlo općenito formuliranje po kojem je „cjelina više nego suma njezinih dijelova“ uklanja to prividno proturječje, ali ga ne razrješava⁶⁵⁹.

Tako i mi smatramo da samo prividno ostaje postojati proturječje između filozofije i znanosti, a zasigurno bi se tu ideju i dalje moglo širiti. Heisenberg je svjestan da se, nakon što se u konačnici iskoristi fizikalno-kemijski sustav pojmova (kada se vidi dokle se s njim može doći u opisivanju životnih procesa), dolazi do sudara s ograničenjima koja sama po sebi postavlja priroda. Isto tako, jasno se pokazuje da »i izvan istinskog graničnog područja povlače se, dakle, između potpuno razdvojenih znanstvenih područja, određene misaone veze«⁶⁶⁰. Te se misaone veze ne provlače samo između raznih znanstvenih disciplina već ponajviše između filozofije i svih znanstvenih disciplina. Dobro je to prepoznao i T. Kuhn kada je istaknuo da je razvidno kako se znanstvenici u razdobljima prepoznate i priznate krize, koja je nužan preduvjet za nastajanje novih teorija, tzv. normalne znanosti, tj. paradigme, okreću filozofijskoj analizi kao sredstvu za razrješavanje zagonetki onoga područja kojim se bave⁶⁶¹. U tom smislu, prihvatljivo je vidjeti kako filozofijski i znanstveni pristup ne mogu biti međusobno isključivi želi li se ponuditi veći stupanj cjelovitosti u odgovorima na brojna istaknuta pitanja, kako u filozofijskom tako i u znanstvenom kontekstu.

Ideja da su znanost i filozofija, odnosno filozofija i kozmologija, pozvane na međusobnu suradnju, odnosno dijalog, nije strana filozofima, ali nije strana ni znanstvenicima, posebice fizičarima⁶⁶². Naime, suradnja između filozofije i znanosti, odnosno filozofije i kozmologije, može se samo činiti proturječnom i neostvarivom, a upravo nam ideja komplementarnosti otvara prostor za drugačije razmišljanje. Komplementarnost nas, s jedne strane, upućuje na točku u kojoj može doći do proturječja, ali istovremeno, s druge strane, otkriva u čemu se sastoji privid toga proturječja. Mogli bismo to reći i ovako: ako se predmet istraživanja i ne može spoznati sa svih razina i iz svih perspektiva, u isto vrijeme to ne znači da se taj predmet ne može

⁶⁵⁹ Heisenberg (1998), 75.

⁶⁶⁰ Heisenberg (1998), 76–77.

⁶⁶¹ Usp. Kuhn (2013), 102.

⁶⁶² Npr. G. F. R. Ellis, S. Majid, H. Zinkergel, C. Smeenek, H. Kragh, E. Agazzi, C. Rovelli i brojni drugi koje smo više puta navodili na stranicama ovoga rada.

spoznati uopće, već samo da se može spoznati pod određenim uvjetima. Primijenimo li, dakle, načelo komplementarnosti na širi kontekst, ovdje mislimo na odnos znanosti i filozofije, otvara se mogućnost barem nešto bolje ako ne i cjelovite spoznaje predmeta istraživanja, u ovom slučaju kozmosa. Barem su dvije razine s kojih se prijedlog komplementarnosti čini prikladnim:

- prva, ona na kojoj smo zapazili da ne postoji univerzalna znanstvena metoda. U tom smislu nameće se zaključak kako bi jedino neki oblik zajedničkog traganja za odgovorima na pitanja kozmosa mogao ponuditi cjelovit odgovor na pitanja kozmosa. No, ne bi bila riječ o interdisciplinarnom pristupu već o komplementarnom jer »ta cjelovitost se ne sastoji toliko u korištenju jedinstvenoga tipa jezika, konceptualizacije ili metodologije (jedinstva redukcionizma) nego više u korištenju različitih intelektualnih pristupa u kontekstu međusobne povezanosti i protoku informacija glede određenih zajedničkih problema«⁶⁶³. Budući da kontekst suvremene kozmologije možda bolje od ijednog drugog odražava činjenicu da zbilja ima različite aspekte (obilježja) i razine, stoga nije ni razumno smatrati kako dijele iste karakteristike i kako im se može pristupati na isti način⁶⁶⁴, rješenje teškoća s kojima se suočava suvremena kozmologija nameće se upravo u vidu komplementarnog pristupa filozofije i suvremene kozmologije. Naime, kako smo već isticali, znanost i filozofija moraju očuvati svoj identitet.
- druga, dublja razina, je pojmovna razina. To je razina na kojoj je razvidno da se ne mogu nijekati ispreplitanja filozofije i znanosti. Naime, iako se metode filozofije i znanosti razlikuju, one se istovremeno i isprepliću i to do neodvojivosti. Naveli smo već mnoštvo primjera ispreplitanja filozofije i znanosti u kontekstu suvremene kozmologije, ali možda je bolje izdvojiti neki poznatiji primjer. To je zasigurno drugi Newtonov zakon gibanja koji kaže $F = ma$, odnosno, sila je produkt mase i akceleracije. Akceleracija je dv/dt , prva derivacija brzine po vremenu. Izravno se otvaraju ova pitanja: što su sila, masa i vrijeme? Sam zakon pred nas stavlja zahtjev za određenjem sile, mase i vremena, no određenje tih pojmova izlazi iz okvira znanosti. Riječ je o pojmovima za koje svi smatramo kako ih razumijemo, ali i o pojmovima koji su znanosti potrebni. No, s njihovim točnim definiranjem imamo uvelike problema⁶⁶⁵. Svi kozmološki modeli sadrže pojmove takve vrste kao što su prostor i vrijeme, gravitacija, tamna energija ili

⁶⁶³ Agazzi, E. (1991), 44.

⁶⁶⁴ Usp. Agazzi & Pauri (2000), 8.

⁶⁶⁵ Usp. Rosenberg (2005), 2.

podrijetlo kozmosa⁶⁶⁶. Tako, u skladu s onim što smo do sada uočili, znanost se pred potrebom da promisli temeljne principe i pojmove nužno mora okrenuti filozofiji kojoj je zadatak ponuditi određenje temeljnih pojmova, ali i kritičku analizu filozofije same znanosti, odnosno njezine znanstvenosti. No, suradnja znanosti i filozofije tako je nužna za obje strane. Naime, za znanstveno istraživanje su potrebni filozofijski dobro određeni pojmovi i principi, ali istovremeno filozofiji znanost pomaže u redefiniranju tih istih pojmova⁶⁶⁷ i u tom se smislu ideja komplementarnosti pokazuje iznimno prihvatljivim rješenjem.

Iz ovog istraživanja je razvidno kako se nalazimo u uzbudljivom i značajnom trenutku za fundamentalnu znanost. Naime, danas je u potpunosti prepoznata nužnost interdisciplinarnosti, odnosno suradnje različitih disciplina kako bi se približilo cjelovitom odgovoru na mnoštvo znanstvenih pitanja. Možda najbolji primjer zahtjeva za interdisciplinarnošću nalazimo u problemu kvantne gravitacije, tj. pokušaju oblikovanja tzv. teorije svega. Tako se današnje vrijeme prepoznaje kao vrijeme pustolovine u kojem su se čista matematika, teorijska fizika, astronomija, filozofija i eksperiment objedinili u traganju za odgovorima na temeljna čovjekova pitanja⁶⁶⁸. Pitanja kozmosa zasigurno se ubrajaju u ta temeljna čovjekova pitanja. No, upravo stoga što često nije moguće istovremeno predmetu istraživanja pristupiti iz empirijske i filozofijske perspektive na raspolaganju nam kao rješenje ostaje upravo komplementarnost. Kao i brojni znanstvenici, filozofi, fizičari ili kozmolozi čijim se problematiziranjima uvelike služimo u ovom radu⁶⁶⁹ smatramo da je interdisciplinarnost prijeko potrebna, ali da je komplementarnost jedini mogući put prema pokušaju formiranja cjelovitih odgovora na čovjekova temeljna pitanja.

O filozofiji i suvremenoj kozmologiji

Pitanje kozmosa možda više od ijednoga drugoga otkriva koliko su filozofija i znanost isprepletene pa i neodvojive. Samo je prividno moguće odvojiti empirijsko i filozofijsko promišljanje i istraživanje kozmosa. Naime, svi jednostrani odgovori uvijek će biti manjkavi i potrebiti nadopune, nisu i ni ne mogu biti cjeloviti. Istinska znanost i filozofija to znaju, one

⁶⁶⁶ Usp. Majid (2013), 9–10.

⁶⁶⁷ Usp. Agazzi (1991), 43.

⁶⁶⁸ Usp. Majid (2013), 8.

⁶⁶⁹ Npr. G. F. R. Ellis, H. Kragh, M. K. Munitz, H. Zinkernagel, A. Rosenberg, C. Smeenk itd.

poznaju vlastite granice, identitet i zadatke pa su stoga uključive. Možemo to izraziti i ovako: nikada empirizam, ma koliko daleko seza, ne može dokinuti ulogu mišljenja u formiranju i utemeljenju znanstvenih teorija baš kao što ne postoji takav logički idealizam, sfera čistoga mišljenja, koji bi raskinuo sve veze s činjeničnim. Naime, kako je to utvrdio već Platon, dijalektika opažanja poziva dijalektiku mišljenja na prosudbu i odluku, tj. tamo gdje opažanja protuslove jedan drugome, odnosno prijete si ukinućem, tamo na scenu izlazi temeljni postulat mišljenja, tj. njegov zahtjev za jedinstvom koji preoblikovanjem iskustva dolazi do nekog njegova novoga oblika. Jako dobar primjer takvoga odnosa nalazimo u temeljnim postavkama suvremene kozmologije, u razvoju TR⁶⁷⁰. I nije samo riječ o neraskidivosti empirijskoga i teorijskoga u znanosti, riječ je o nečemu puno dubljem, o neodvojivosti znanosti i filozofije. Jednostavno, filozofija je neizbježna, čak i za one koji su mišljenja da na sva prava pitanja, pitanja vrijedna odgovora, može odgovoriti isključivo znanost. Naime, takvu tvrdnju može iznositi samo filozofija⁶⁷¹.

Ne čudi stoga što je filozofija uvijek bila nužna sastavnica razvitka kozmološke misli i teorija. Kepler, Newton, Einstein i velika većina uglednih teorijskih fizičara uvijek su se pažljivo oslanjali na empirijske temelje, no bili su duboko svjesni nužnosti filozofije. To je put razvitka fizike, put kojim smo stigli do suvremene kozmologije, a koji može otkriti puno toga na što bi trebali paziti danas⁶⁷². Štoviše, zbog naravi predmeta i specifičnosti metoda kojima se služi, kozmologija će uvijek biti znanstveno-filozofijska disciplina koja ima privilegiju biti najzanimljivijom, najizazovnijom, ali i najzahtjevnijom jer kod istraživanja vlastita predmeta ne smije dokinuti ni identitet teorijske fizike ni identitet filozofije. Danas se pojavila, kako smo istaknuli, upravo ta, zapravo dvostruka opasnost. Opasnost zaborava identiteta teorijske fizike (pa i matematičke fizike) koji vodi redefiniranju prirodne znanosti i opasnost nepoznavanje identiteta filozofije što vodi lošoj filozofiji jer »filozofiranje nije neobično i nije teško; teško je dobro filozofirati, a potpuno se suzdržati od filozofije nemoguće je«⁶⁷³. Štoviše, kako je to istaknuo C. Norris posluživši se Kantovom mišlju: filozofija znanosti je prazna bez znanstvenog inputa, a znanost je bez filozofijskoga vodstva slijepa i nikako ne bi bilo dobro pogrešno poistovjetiti ili zamijeniti zavodljivost hipotetičkih prijedloga s formuliranjem racionalno

⁶⁷⁰ Usp. Cassirer (1998), 21–23.

⁶⁷¹ Usp. Rosenberg (2005), 5.

⁶⁷² Usp. Peebles (2012), 4–5.

⁶⁷³ Bunge (2013), 168.

opravdanih, metafizički korektnih i na koncu empirijski provjerljivih tvrdnji⁶⁷⁴. O identitetu, odnosno o tzv. statusu teorijske fizike, ali i filozofije već smo govorili, no za kraj bi još valjalo dodati nekoliko riječi o tome na koji je način filozofija nužna i korisna znanosti, poglavito suvremenoj kozmologiji.

Već tzv. velika, prva i posljednja pitanja, na koja znanost ne može odgovoriti, pokazuju da granice znanosti postoje, istaknuo je P. Medawar⁶⁷⁵, ali osim na svojim granicama znanost na brojnim razinama susreće, odnosno uključuje, i filozofijsku dimenziju, počevši od temeljnih pretpostavki glede empirijskih dokaza, kauzalnosti, oblikovanja teorija, do testiranja hipoteza te na spekulativnoj razini kada se znanstvenik nema na što osloniti osim na tzv. filozofijske odabire – upravo bi tu bilo razborito umjesto bijega u fikciju okrenuti se utemeljenoj filozofiji⁶⁷⁶. Koliko je suvremena kozmologija u odnosu na druge znanosti filozofična i specifična pokazalo je ovo istraživanje. Opasno bi stoga bilo, kako su zaključili C. Rovelli, G. F. R. Ellis i brojni drugi autori, okrenuti se fikciji ili lošoj filozofiji; to je opasno za znanost, poglavito za teorijsku fiziku⁶⁷⁷. Budući da se svaki fizičar ispod površine vlastitoga rada suočava s filozofijom, može se tako reći da jednom kada susretne zvijer kako kaže M. Bunge, pred sobom ima dvije mogućnosti:

Jedna je sebi dopustiti da ga ona nadjača tj. podleći prevladavajućoj filozofiji koja je kao popularna osuđena na grubost i nazadnost. Druga je mogućnost proučavanje zvijeri u nadi da je pripitomi, tj. upoznavanje nekih suvremenih filozofskih istraživanja, njihovo kritičko ispitivanje i stavljanje u službu vlastitog znanstvenog rada⁶⁷⁸.

U tom smislu, kada je riječ o doprinosu filozofije fizici prvi doprinos koji filozofija može ponuditi fizici sastoji se u preispitivanju njezine vlastite filozofije, a drugi je organizacija fizike, posebice aksiomska rekonstrukcija fizikalnih teorija te analize i vrednovanja empirijskih procedura. S jedne strane filozofija ima kritičku funkciju, danas osobito važnu kako ističe C. Norris⁶⁷⁹, koja može pomoći raspršivanju magle koja često lebdi nad fizikom, ali filozofija ima i stvaralačku te analitičku funkciju. Stoga Bunge svoje promišljanje o odnosu fizičara i filozofije zaključuje iznimno važnim riječima za svakog fizičara i filozofa:

Fizičar koji odbija biti porobljen anakronističnom filozofijom i koji je voljan priznati filozofiju kao polje egzaktnog ispitivanja, od takvog pristupa može očekivati mnogo.

⁶⁷⁴ Usp. Norris, 2011.

⁶⁷⁵ Vidi: Medawar, 1989.

⁶⁷⁶ Usp. Norris, 2011.

⁶⁷⁷ Usp. Rovelli, 2014b; Ellis (2014), 19.

⁶⁷⁸ Bunge (2013), 181.

⁶⁷⁹ Usp. Norris, 2011.

Čitanje imaginativnih filozofa može ga odvesti novim idejama; studij logike može povisiti njegov standard strogosti i jasnoće; navika semantičke analize pomoći će mu u otkrivanju izvornih referenata njegovih teorija; a ljubav prema logičkoj čistoći i semantičkoj jasnoći učinit će ga pobornikom aksiomatskog formata. Zadrje, ali ne i najmanje važno, kontakt s filozofijom može doprinijeti rastu krila, prije negoli njihovom podrezivanju: može pojačati teoretičarovu vjeru u snagu ideja, može mu pomoći da ne odustane kada mu kažu da su mu ideje operacionalno nedefinirane ili da su mu hipoteze neprovjerljive na očigledan način (nijedna izazovna nova hipoteza ne može tako biti testirana) ili da su njegove teorije prepune kompliciranih ideja. Ukratko, upoznavanje sa suvremenom filozofijom znanosti može eliminirati neke prepreke znanstvenom progresu kojemu se suprotstavlja filozofija neprikladna praksi znanstvenog istraživanja, čiji prestiž proizlazi samo iz toga što su je branili neki eminentni fizičari koji nikada nisu djelovali u skladu s njom⁶⁸⁰.

Tako se i u kontekstu suvremene kozmologije filozofija pokazuje korisnom:

- za kritičko preispitivanje suvremene kozmologije i njezinih metoda;
- kao pomoć pri razjašnjavanju naravi onoga što je učinjeno;
- za razumijevanje na koji način različiti pristupi tvore koherentnu cjelinu;
- za razumijevanje temeljnih pojmova;
- za razumijevanje formiranja teorija i modela;
- za razumijevanje naravi suvremene kozmologije i njezina identiteta;
- kako idejni okidač.

U kontekstu suvremene kozmologije filozofija je nužna:

- za traženje odgovora na fundamentalne probleme;
- u slučaju pokušaja davanja šireg ili cjelovitog odgovora na pitanja kozmosa.

Meta-analiza je, kako je to istaknuo G. F. R. Ellis, potrebna kako bi se vidjelo što se točno radi i koje se metode koriste te kako tehnički pristup ne bi pošao u krivom smjeru tvrdeći više negoli u stvarnosti može postići promašivši ključna pitanja⁶⁸¹.

Isprepletenost i neodvojivost filozofije i znanosti te potreba za komplementarnim pristupom predmetu istraživanja posebice je očita kada se nađemo pred zagonetkom kozmosa. Uistinu, živimo u uzbudljivom trenutku za znanost i filozofiju, u vremenu kada se pokazuje da su fundamentalni koncepti zagonetke otvorene svima i sasvim je jasno da znanost sama ne može ponuditi konačan odgovor, da joj nedostaju ideje glede najdubljih pitanja i da ne bi trebala isključiti ozbiljniji i širi dijalog. No, možda su baš to naznake neke nove revolucije, a svakako su naznake potrebe za filozofijskim doprinosom. Kako što je Majid uočio, znanost na

⁶⁸⁰ Usp. i citat: Bunge (2013), 167, 177, 181.

⁶⁸¹ Usp. Ellis (2014), 21–22.

fundamentalnom kraju nema izvjesnost koju slika znanstvenika u bijelim kutama često izaziva u javnosti. Baviti se znanošću na tim krajevima, baviti se teorijskom fizikom i stati pred pitanje kozmosa više je poput »istraživanja prazne tame opremljeni ičim više doli fleš lampom i mjernom vrpcom«⁶⁸². Kako je pak smatrao Toma Akvinski »filozofija je vrhunski misaoni napor čovjeka da kroz ono što je poznato i shvatljivo traži ono što je nepoznato i osluškuje ono što je neshvatljivo«⁶⁸³. Možemo reći da kao takva, poslužimo li se Kantovim riječima iz jednoga drugoga konteksta, filozofija ne ide iza nijedne milostive gospodarice držeći skute njezine haljine, nego ide ispred nje noseći baklju⁶⁸⁴. Želi li se približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa suvremena kozmologija ne smije zaboraviti ni fleš lampu ni mjernu vrpcu – suvremena kozmologija se mora shvatiti šire, kao znanstveno-filozofijska disciplina.

⁶⁸² Usp. i citat: Majid (2013), 10, 13–14.

⁶⁸³ Vereš (1978d), 39.

⁶⁸⁴ Usp. Vereš (1978d), 39.

Zaključak

Suvremena kozmologija je možda najzanimljivija i najsloženija, a sigurno iznimno značajna znanstveno-filozofijska disciplina današnjice. Najzanimljivija je zasigurno stoga što je predmet njezina proučavanja interes svakoga čovjeka, od filozofa i znanstvenika do pjesnika i umjetnika. Kozmos svojom ljepotom zadivljuje, zapanjuje i nadahnjuje, no zagonetan je i još uvijek otvoreno pitanje u znanstvenom i u filozofijskom pogledu. Stoga i možemo izdvojiti više razloga iznimne složenosti i specifičnosti suvremene kozmologije u odnosu na druge znanosti. Naime, s jedne strane, suvremena kozmologija svom predmetu ne može pristupiti nekom određenom metodom već ga mora istraživati na više razina, na puno više nego što druge znanosti proučavaju svoje predmete. No, određena kao empirijska disciplina suvremena kozmologija se suočava s nizom tzv. tehničkih ograničenja i to s onima koja će se možda u budućnosti nadići, ali i s onima koja se nikada neće moći nadići. S druge strane, složenost i narav njezina predmeta, predmeta koji je jedan i jedinstven i koji je predmet u smislu znanstvenog proučavanja, a ne fizički predmet u klasičnom smislu, suvremenu kozmologiju čini drugačijom od svih drugih znanosti i suočava je s nizom fundamentalnih i konceptualnih pitanja. Zbog toga je suvremena kozmologija izložena brojnim kritikama glede mogućnosti ostvarenja kao empirijske znanosti. Takvo je stajalište zasigurno pretjerano, ali isto tako pretjerano je očekivati da će, zbog naravi svoga predmeta i granica vlastitih metoda, odnosno tehničkih i fundamentalnih ograničenja s kojima se suočava, suvremena kozmologija ikada moći biti određena kao potpuna, tj. isključivo empirijska disciplina. Suvremena kozmologija se mora shvatiti šire, kao znanstveno-filozofijska disciplina.

No upravo to suvremenu kozmologiju čini privlačnom, zanimljivom i iznimno značajnom. S jedne strane, ona svojim spoznajama stvara okvir svim drugim znanostima, i treba ostati znanstvena, ali s druge strane, suvremena kozmologija otvara niz fundamentalnih pitanja i stvara temelj za postavljanje onih krajnjih pitanja, pitanja početaka, pitanja smisla i postojanja uopće što nadilazi „stroga“ znanstvena pitanja i kozmologiju dodatno dovodi u blisku vezu s filozofijom. Stoga možemo reći da je kozmologija prijeko potrebna baš kao znanstveno-filozofijska disciplina, to je put ka cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa. Ipak, na putu tog približavanja znanost, poglavito teorijska fizika i filozofija moraju izbjeći opasnosti koje su se pojavile u tom smislu u novije vrijeme. To su shvaćanje suvremene kozmologije kao isključivo empirijske discipline što stvara tendencije redefiniranja prirodne znanosti proširivanjem

temelnoga kriterija znanstvenosti, a vodi i do izjava o smrti filozofije te na koncu do ideje odgovaranja na tradicionalno filozofijska pitanja iz konteksta teorijske fizike⁶⁸⁵. Rezultat tog procesa je loša znanost i loša filozofija koje nisu ni blizu odgovora na pitanje kozmosa. Stoga, ako se želi približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa, suvremena kozmologija mora izbjeći takve opasnosti čuvajući autonomiju, tj. identitet i teorijske fizike i filozofije, a to se postiže međusobnim poznavanjem, uvažavanjem i komplementarnim pristupom pitanju kozmosa⁶⁸⁶.

Pokušaji redefiniranja znanosti i narušavanje identiteta teorijske fizike i filozofije stavile su pred nas temeljno pitanje ovoga istraživanja: kako razumjeti suvremenu kozmologiju ako se ona želi približiti cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa? Preciznije, može li se suvremena kozmologija poistovjetiti s fizikalnom (tj. empirijskom) kozmologijom ili se mora shvatiti šire? Odnosno, može li suvremena kozmologija na pitanja kozmosa odgovoriti čisto empirijskim putem? Traženje odgovora na to pitanje otvorilo je tri razine istraživanja čiji su rezultati sadržaj triju poglavlja ovoga rada.

Cilj prvoga poglavlja koje nosi naslov *Iskustveni temelji i razvoj kozmološke misli* bio je višestruk. Ponajprije, iznesen je sustavan pregled razvoja najvažnijih kozmoloških promišljanja i teorija s naglaskom na iskustvene temelje kozmologije. Od razvoja kozmoloških ideja kao vrste filozofijskog odgovora na pitanje *kozmosa* sve do suvremenih odgovora na kozmološka pitanja u kontekstu suvremene kozmologije shvaćene kao empirijske discipline. Naglasak je stavljen na trenutke otvaranja filozofijskih ili znanstvenih pitanja koja su teme, tj. problemi i suvremenih kozmoloških promišljanja i primarni i zajednički interesi filozofa i fizičara, a upućuju na isprepletenost pa i neodvojivost filozofijskih od empirijskih problema u pitanju kozmosa, i to na metafizičkoj, logičkoj i epistemološkoj razini. Prvi dio rada zaključen je osvrtom na dublje promjene, tj. pozadinu razvoja kozmološke misli u kojoj uočavamo „migracije“ i „evoluciju“ temeljnih pojmova koji se nalaze u srži transformacije filozofijskih u znanstvena pitanja i obrnuto. U tom smislu odgovorili smo na sljedeća pitanja: što znači transformirati pitanje iz filozofijskog u znanstveno? Što je znanstvenost? I može li se u konačnici na pitanja kozmosa odgovoriti čisto empirijskim putem? Prva razina istraživanja pridonosi razumijevanju sadržaja, problema i pojmova kojima se disciplina koristi,

⁶⁸⁵ Vidi: poglavlje ovoga rada: II. 5.2.; Hawking & Mlodinow, 2010.

⁶⁸⁶ Vidi: poglavlje ovoga rada: II. 5.2.; III. 4.

razumijevanju transformacije filozofijskih u znanstvena pitanja te rasvjetljivanju naravi odnosa filozofije i kozmologije kroz povijest što se pokazuje značajno i za razumijevanje suvremene kozmologije, posebice u trenucima kada teorijska fizika mora očuvati vlastiti identitet. Na koncu, smatramo da je već sam uvid u odnos filozofije i kozmologije kroz povijest otkrio kako se cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa ne može približiti samo iz jedne perspektive.

Uvidom u razvitak kozmološke misli s naglaskom na iskustvene temelje kozmologije otkriva narav odnosa filozofije i kozmologije, njihovu isprepletenost i neodvojivost u kontekstu pitanja o kozmosu. Stoga, zajedno s K. R. Popperom, W. Heisenbergom, G. F. R. Ellisom, H. Kraghom, C. Rovellijem, M. Bungeom, C. Norrisom i brojnim drugim znanstvenicima i filozofima smatramo da je takav uvid značajan i za razumijevanje suvremene kozmologije. Naime, on ne otkriva samo način razvoja znanosti, tj. kozmologije već cijeli niz procesa, tzv. migracije i evolucije pojmova i transformacije pitanja, koji pokazuju da su brojne teme i područja zajednički interesi znanosti i filozofije. U tom smislu komplementaran pristup pitanju kozmosa nameće se kao nužan, a filozofija se pokazuje potrebna kozmologiji u logičkom, epistemološkom i metafizičkom smislu. Uvid u povijest discipline otkriva da su brojni filozofi i fizičari odgovarajući na pitanje kozmosa bili svjesni upravo te povezanosti filozofije i znanosti te da su u tom smislu upravo filozofijska promišljanja često bila svojevrsni idejni pokretači znanstvenih istraživanja.

Čovjekov interes za pitanja kozmosa star je koliko i čovjek pa se pitanja kozmosa ubrajaju ne samo u predfilozofijsko razdoblje čovječanstva nego i među temeljna filozofijska pitanja. U tom smislu, brojna pitanja kojima se danas bavi suvremena kozmologija, npr. pitanje početka univerzuma, pitanje prostora, tvari, homogenosti prostora, građe galaksija i sl.; ili pak brojne ideje poput ideje multiverzuma, uglavnom su pitanja o kojima se razmišljalo i raspravljalo stoljećima ranije, još dok je kozmologija smatrana isključivo filozofijskom disciplinom. Ta pitanja su, smatra se, transformirana iz filozofijskih u znanstvena. U tom smislu, dobar primjer takve transformacije nalazimo već u potrazi prvih filozofa za prvim počelima, tj. temeljnom sastavnicom zbilje. Ta ideja i danas je jedan od velikih interesa znanosti, ali se ponovno u obliku ontoloških i epistemoloških pitanja vraća filozofiji po odgovore⁶⁸⁷. Danas na neka od njih pokušava odgovoriti i znanost. No najčešće, unatoč svim naporima, ta pitanja ostaju otvorena u znanstvenom kontekstu, i čini se da nikada neće izgubiti svoju filozofijsku dimenziju. Tako

⁶⁸⁷ Vidi npr. poglavlja ovoga rada: I. 2.1. ; 2.3. ; II. 3.2.

se tzv. pojmovni problemi pokazuju kao izričita mjesta susreta znanosti i filozofije, a u kontekstu suvremene kozmologije kao točke odluke kod određenja samoga predmeta i kod opredjeljenja između teorija odnosno modela. No i modeli, temeljni instrumenti suvremene znanosti, u kozmologiji se koriste već od prvih pokušaja formiranja slike svijeta te predstavljaju jedno od onih pitanja koje je otvorilo filozofijsku raspravu koja se od antike protegnula do u suvremeno doba⁶⁸⁸. Danas se to pitanje nalazi među središnjim pitanjima filozofije znanosti i u srži rasprava oko realizma i antirealizma. No narav modela nije se promijenila, a upravo ona upućuje na izričit zaključak da suvremena kozmologija treba filozofiju i kao kritički aparat, ali i da je doza filozofičnosti njezin sastavni dio.

Čini se tako da većinu danas aktualnih pitanja filozofi i znanstvenici problematiziraju zapravo kroz cijelu povijest filozofije i znanosti. No, isto tako čini se da i dalje u srži fundamentalnih problema suvremene kozmologije nalazimo stara konceptualna pitanja kao što su: Što je tvar? Što je sila? Što je prostor? Što je vrijeme? Sve su to pitanja za koja se smatra da su u jednom trenutku doživjela tzv. transformaciju iz filozofijskih u znanstvena pitanja, ali i obrnuto⁶⁸⁹. U tom je smislu važno barem dvoje. Prvo, da filozofijsko pitanje uvijek ostaje filozofijsko pitanje tko god se njime bavio, bio to filozof ili fizičar – danas se uglavnom kozmolozi bave filozofijskim pitanjima suvremene kozmologije. Isto pravilo vrijedi i u obrnutom smjeru⁶⁹⁰. Drugo, transformacija pitanja s jednog područja na drugo otkriva da jednostran odgovor nije cjelovit. Upravo činjenica transformacije, potrebe prebacivanja problema s područja na područje, otkriva potrebu za komplementarnim pristupom predmetu, u ovom slučaju pitanjima kozmosa.

Tako se traganje za razumijevanjem temeljnih pojmova nalazi u srži svake znanstvene revolucije pa je i filozofima i znanstvenicima iznimno važno razumjeti tzv. migracije i evoluciju temeljnih pojmova. S jedne strane oni sa sobom donose svu povijest mišljenja inkorporiranu u svoje značenje, a s druge strane s raznih razina preuzimaju nova značenja. Tako iako ni jedna znanstvena disciplina ne može bez temeljnih pojmova, ipak često sama narav tih pojmova nije u potpunosti jasna i dorečena. U tom smislu, znanost pridonosi boljem razumijevanju pojmova, ali zadatak filozofa je precizno određenje pojmova (opojmljivanje zbilje) i naravi stvari. Filozofi i znanstvenici se tako kroz povijest međusobno nadopunjuju kao oni koji pridonose

⁶⁸⁸ Vidi npr. poglavlja ovoga rada: I. 2.4. ; 4.2. ; III. 3.

⁶⁸⁹ Vidi npr. poglavlja ovoga rada: I. 6.2. ; II. 4.

⁶⁹⁰ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 5.2. ; III. 4

razumijevanju pojmova (odnosno zbilje). Znanost empirijski provjerava, a filozofija postavlja ontološki okvir te propituje valjanost u smislu logičke valjanosti i epistemoloških kriterija. Stoga se čini kako se cjelovitom odgovoru na pitanja kozmosa možemo približiti samo komplementarnim pristupom.

No, povijesni razvoj kozmološke misli predstavlja i pogled na razvoj znanosti, odnosno na oblikovanje kriterija znanstvenosti. U tom smo smislu zaključili da se znanstvenost pokazuje kao relativan pojam⁶⁹¹, a kriteriji znanstvenosti predstavljaju jednu od otvorenih tema filozofije. Ipak, za znanost, a onda i suvremenu kozmologiju, možemo reći da se još uvijek smještenu u okvire znanstvenoga realizma i to na Popperovoj liniji⁶⁹² te da postoji svojevrstan konsenzus oko toga da je temeljni kriterij znanstvenosti tzv. empirijska potvrda, odnosno empirijsko utemeljenje u smislu verifikacije ili falsifikacije teorija i modela. Naime, upravo je empirijsko utemeljenje kozmološkoga modela u temeljima određenja kozmologije kao empirijske discipline i u tom smislu postoji dvije linije razmišljanja. Prva koja kaže da se na pitanja kozmosa može odgovoriti čisto empirijskim putem (i to bi bilo rješenje za svu netom spomenutu problematiku) i druga koja kaže da je odgovor moguć samo ako se u obzir uzme i filozofijska dimenzija. Takvo razmišljanje temelj je otvaranja dviju novih razina istraživanja u ovom radu. Prva, izložena u drugom dijelu koja je u prvi plan stavila analizu suvremene kozmologije i druga koja u prvi plan stavlja analizu temeljnih obilježja suvremene kozmologije kao empirijske discipline.

U drugom dijelu rada naslovljenom *Suvremena kozmologija* analizirali smo temelje suvremene kozmologije određene kao empirijske discipline koja se uglavnom poistovjećuje sa standardnim kozmološkim modelom, trenutno najboljim opisom kozmosa. Iako je naslovom ovoga rada predložena analiza empirijskih temelja suvremene kozmologije, prethodna istraživanja pokazala su kako se teorijski i empirijski temelji suvremene kozmologije ne mogu izričito odvojiti. Stoga smo u ovom dijelu rada analizirali teorijske pretpostavke i empirijske potvrde koje predstavljaju temelje suvremene kozmologije i temeljna obilježja standardnoga kozmološkog modela. Analizom je pokazano da obilježja temeljnih sastavnica standardnoga kozmološkoga modela upućuju na tzv. granice suvremene kozmologije i na brojnim razinama otvaraju niz znanstvenih i filozofijskih pitanja, tzv. otvorenih pitanja standardnoga

⁶⁹¹ Vidi poglavlje ovoga rada: I. 6

⁶⁹² Vidi poglavlje ovoga rada: III. 1.3.

kozmoškog modela. To nas je ponovo dovelo do zaključka da se odgovor na pitanje kozmosa može ponuditi jedino komplementarnim pristupom znanosti i filozofije u kojem teorijska fizika i filozofija imaju vlastitu autonomiju i identitet. Štoviše, do zaključka da suvremenu kozmologiju moramo shvatiti šire.

Istraživanje trenutnoga najboljeg opisa univerzuma pokazalo se da je strogo razgraničenje teorijske od empirijske kozmologije nemoguće te je ovo istraživanje uključilo analizu teorijskih i empirijskih temelja SKM-a⁶⁹³. U tom smislu pokazalo se da teorijski temelji TR odnosno OTR i KP predstavljaju spoznajno-teorijski okvir suvremene kozmologije shvaćene kao empirijske discipline. No brojni pojmovi koje je redefinirala OTR, kao što su razumijevanje prostora, vremena, tvari, energije, sile itd. pozivaju na razumijevanje odnosa opažanje-matematika-fizika-filozofija, i kao takvima im treba pristupati⁶⁹⁴. S druge strane i KP, koje je još uvijek isključivo filozofijska pretpostavka, a ne empirijski utemeljena tvrdnja (i nije vidljiva mogućnost da to postane u doglednoj budućnosti)⁶⁹⁵ pred suvremenu kozmologiju postavlja zahtjev da fizikalna (tj. empirijska) kozmologija ponudi adekvatne empirijske korelacije, ali isto tako da filozofija preciznije odredi pojmove nužne za razumijevanje pitanja kozmosa. Do istog zahtjeva dolazimo i uvidom u empirijske temelje SKM-a. Naime, iako su empirijski podaci o univerzumu brojni i značajni, empirijske potvrde nisu dovoljno cjelovite⁶⁹⁶. Potvrda širenja svemira, NVP i KMPZ na brojnim razinama i znanstveno i filozofijski gledano otvaraju cijeli niz pitanja te uistinu možemo govoriti o nedovoljnoj empirijskoj cjelovitosti, ali i o filozofijskoj nedorečenosti na svim razinama razumijevanja kozmosa, od malih do astronomskih skala⁶⁹⁷. Te se brojne razine očituju u nizu tzv. otvorenih pitanja SKM-a koja predstavljaju zadatak fizikalnoj (tj. empirijskoj) kozmologiji, ali i filozofiji jer pozivaju na formiranje potpunijeg odgovora⁶⁹⁸. Naime, pitanja što su tvar, energija, masa, a zatim što su prostor i vrijeme leže u podlozi znanstvenih istraživanja i pokušaja razumijevanja homogenosti, izotropije, emergencije, složenosti, nastanaka tvari, ali i razvoja velikih struktura, u podlozi razumijevanja naravi KMPZ-a i u središtu su zagonetki NVP-a. Budući da je riječ o pitanjima na koja se nikako ne može jednostrano odgovoriti, još jednom smo dovedeni do zaključka da suvremena kozmologija po naravi filozofična te da svoju težnju približavanja cjelovitom

⁶⁹³ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 2.

⁶⁹⁴ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 3; 3.1.

⁶⁹⁵ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 3.2.

⁶⁹⁶ Vidi: Smeenk, 2013; Mosterin (2000), 224.

⁶⁹⁷ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 4.

⁶⁹⁸ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 5.

odgovoru na pitanje kozmosa može postići jedino ukoliko u obzir uzme filozofiju. No, upravo činjenica filozofičnosti suvremenu kozmologiju stavlja pred dva zahtjeva. Prvi se odnosi na razumijevanje funkcioniranja normalne znanosti, a drugi na očuvanje identiteta teorijske fizike. Narav teorije, jezika matematike ili modela govori da su u znanosti teorijsko i empirijsko nužno povezani što ne znači da fizika isključuje pojam realnosti, odnosno ne isključuje pojam zbije, ali ga ograničava na stvarnost odnosno na fizičku razinu ostavljajući prostor drugim znanostima za istraživanja na drugim razinama. Iako nijedna teorija ne pretpostavlja da su njezini predmeti neki osjeti ili mirisi već fizikalni sustavi, ali znanstvenik se barem nada da njegove teorije imaju realno odgovarajuće predmete i, za razliku od metafizičara, oni provjeravaju svoje teorije suprotstavljajući ih opservacijskim podacima. To je narav teorijske fizike, a u odnosu na funkcioniranje znanosti i naravi teorijske fizike velika je zadaća filozofije upravo propitivanje i očuvanje valjane filozofije znanosti⁶⁹⁹. Upravo nas ta zadaća vodi do treće razine ovoga istraživanja.

U trećem dijelu rada naslovljenom *Suvremena kozmologija – empirijska disciplina* izdvojili smo neka od temeljnih obilježja znanosti na kojima se uočava specifikum suvremene kozmologije u odnosu na temeljni kriterij znanstvenosti, tj. provjerljivost (*testability*) teorije ili/i modela empirijskim sadržajem (u smislu falsifikacije, ali i verifikacije hipoteza) s ciljem istraživanja koliko cjelovite odgovore na pitanja o kozmosu može ponuditi suvremena kozmologija određena kao empirijska disciplina koju sami kozmolozi smještaju u kontekst Popperova znanstvenog realizma.

U tom smislu kritički smo sagledali određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline i njezin specifikum u odnosu na: temeljna obilježja znanosti i tzv. kriterij znanstvenosti, empirijsku metodu koja se uglavnom smatra osnovom izvornosti suvremene (empirijske) znanosti, eksperiment i opažanje kao temeljne alate za stjecanje empirijskog utemeljenja koje, budući da se teorije mijenjaju, predstavlja samu srž onoga što nazivamo znanstvenošću⁷⁰⁰, modele kao temeljni instrument suvremene kozmologije. No, upozorili smo i na tzv. „širi kontekst“, odnosno na prikladnim mjestima istaknuli tzv. „velika pitanja“ (filozofijska pitanja s kojima se susreće znanost općenito) u oblicima u kojima ih nalazimo u kontekstu suvremene kozmologije: jedinstvenost univerzuma, pitanje dometa i granica znanosti

⁶⁹⁹ Vidi poglavlje ovoga rada: II. 5.1.; 5.2.

⁷⁰⁰ Usp. Rovelli, 2014a.

(s obzirom na modele, zakone, mjerenja itd.). Treći dio rada zaključili smo osvrtom, tj. pozivom na komplementaran odnos znanosti i filozofije glede pitanja kozmosa i istaknuli značaj filozofije za znanost, poglavito fiziku i suvremenu kozmologiju.

Analiza ovoga rada usmjerena je na suvremenu kozmologiju, no odmah treba uočiti da su problematiziranja i zaključci ove razine istraživanja bitni i za sve znanstvene discipline koje dijele neka od obilježja (predmeta, metoda ili ograničenja) suvremene kozmologije⁷⁰¹. Već nas je pokušaj određenja suvremene kozmologije stavio pred pitanje što se pod znanošću, odnosno empirijskom znanošću uopće smatra? Time je pak otvorena rasprava oko temeljnih obilježja znanosti i kriterija znanstvenosti. Znanstvena metoda, cilj znanosti, pa i empirijsko utemeljenje, istina, objektivnost itd. sve su odreda otvorena pitanja filozofije znanosti na koja ne postoji kategorički odgovor i za koja ne postoji mogućnost nekog empirijski utemeljenog opredjeljenja već u konačnici predstavljaju filozofijski odabir. Ponajviše kada je riječ o onom konačnom pitanju opredjeljenja između realizma i antirealizma⁷⁰². Filozofijski je odgovor da je za samu znanost i znanstvenost najbolje opredjeljenje znanstveni realizam, a empirijsko utemeljenje zaista temeljni kriterij znanstvenosti. Uz takvo stajalište pristaje, kako smo vidjeli, i većina kozmologa. No to ne znači da se na pitanja kozmosa može ponuditi odgovor nekim „čisto“ empirijskim putem. Ovakvo stajalište naznačuje da se empirijska znanost, ako želi ostati znanstvena, mora osloniti na empirijsku potvrdu koja predstavlja kriterij znanstvenosti i ujedno granični pojam, tj. u nekom smislu granicu znanosti⁷⁰³. U tom se smislu, odnosno na ovom mjestu, rađaju opasnosti za identitet znanosti, poglavito teorijske fizike na način pojavljivanja dviju tendencije. Prva je suvremenu kozmologiju poistovjetiti s terminom empirijska znanost, ali previdjeti netom rečeno i pomisliti da empirijska znanost može ponuditi cjelovit odgovor na pitanja kozmosa. Druga pak tendencija je modificirati kriterije znanstvenosti⁷⁰⁴, ali u tom bi slučaju trebalo u potpunosti modificirati razumijevanje znanosti i empirijske znanosti općenito.

Nadalje, iz određenja empirijske metode kao osnove izvornosti suvremene (empirijske) znanosti uočili smo specifikum suvremene kozmologije u odnosu na eksperiment i opažanje na više razina⁷⁰⁵. Naime, već činjenica jedinstvenosti univerzuma i činjenica da je riječ o jednom

⁷⁰¹ Vidi uvod u ovaj rad i uvod u III. dio rada.

⁷⁰² Vidi poglavlje ovoga rada: III. 1.2.

⁷⁰³ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 1.2.3.

⁷⁰⁴ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 2.1.2.

⁷⁰⁵ Vidi poglavlja ovoga rada: III. 2.

predmetu upućuju na posebnost predmeta suvremene kozmologije koji, štoviše, ni ne možemo definirati kao predmet u klasičnom smislu. U tom se smislu pokazalo da eksperimentalan pristup predmetu istraživanja kozmologiji nije moguć. Suvremena kozmologija može se poslužiti eksperimentalnim podacima nekih drugih znanstvenih disciplina, ali sama nema mogućnosti ni prilike za eksperimentalan pristup univerzumu. Podatci do kojih suvremena kozmologija može doći dolaze iz opažanja, no i u tom se smislu suvremena kozmologija suočava s nizom tzv. ograničenja (npr. vizualni i čestični horizont)⁷⁰⁶. Uzevši u cjelini, suvremena kozmologija se suočava s dvije vrste ograničenja. Prva vrsta ograničenja su ograničenja tehničke naravi, to su ograničenja koja će možda jednom biti nadiđena, granice koje će se s vremenom možda nešto pomaknuti, ali i s tehničkim ograničenjima koja nikada neće biti nadiđena. Druga vrsta ograničenja su fundamentalne naravi, riječ je o granicama koje proizlaze iz naravi predmeta kao što je npr. zaprimanje podataka brzinom svjetlosti ili činjenica jedinstvenosti kozmosa, o fundamentalnim problemima koja otvara sama suvremena kozmologija, ali i o pojmovnim nejasnoćama. Sve tu to realna ograničenja suvremene kozmologije koja ju ne čine neznanstvenom već ukazuju na njezine granice te otkrivaju potrebu za komplementarnim pristupom pitanju kozmosa i izgradnjom adekvatne filozofije kozmologije.

Na koncu, i uvid u temeljna obilježja modela, koji općenito predstavljaju temeljni instrument suvremene znanosti, a u kontekstu suvremene kozmologije često gotovo poistovjećeni s terminom teorija, jasno upućuje na zaključak da je komplementaran pristup jedino prikladno rješenje za odgovor na pitanje kozmosa. Do tog zaključka, s jedne strane, dovodi sama narav modela, činjenica da je na koncu riječ o idealizacijama, a s druge strane činjenica da modeli najčešće nemaju cjelovito empirijsko utemeljenje jer smo, npr. kod odabira parametra modela ili kod odluke između modela, uglavnom upućeni na filozofijske odabire⁷⁰⁷. Tako narav modela još jednom upućuje na zaključak da suvremena kozmologija ne može biti isključiva, ali ako se želi ponuditi cjelovit odgovor na pitanja kozmosa, ne može to biti ni filozofija.

Sve argumente i otvorena pitanja proizašla iz kritičkog osvrta na određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline u trećem dijelu rada prepoznavamo kao poziv na komplementaran pristup znanosti i filozofije pitanjima kozmosa⁷⁰⁸. Naime, suradnja između

⁷⁰⁶ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 2.3.

⁷⁰⁷ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 3.

⁷⁰⁸ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 4.

filozofije i znanosti, odnosno filozofije i kozmologije, može se činiti proturječnom i neostvarivom, no ideja komplementarnosti otvara prostor za drugačije razmišljanje. Komplementarnost poziva na drugačije razumijevanje istraživanja. Naime ako se predmet istraživanja i ne može spoznati sa svih razina i iz svih perspektiva u isto vrijeme, to ne znači da se taj predmet ne može spoznati uopće, već samo da se može spoznati pod određenim uvjetima⁷⁰⁹. Stoga bi načelo komplementarnosti s ciljem približavanja cjelovitijoj spoznaji pitanja kozmosa valjalo proširiti na odnos znanosti i filozofije. No, tom približavanju cjelovitom odgovoru na pitanje kozmosa i teorijska fizika i filozofija mogu pridonijeti samo ako ne zaborave na svoj identitet, teorijska fizika na svoje podrijetlo u fizici, a filozofija na svoju kreativnu, kritičku, analitičku i rasvjetiteljsku ulogu. Samo tako, ne zaboravivši na fleš lampu ni na mjernu vrpцу, suvremena kozmologija može prodrijeti u tajnu kozmosa⁷¹⁰.

Uzmemo li u obzir raspon istraživanja ovoga rada, koji uključuje uvid u povijesni razvoj kozmološke misli, analizu temelja suvremene kozmologije, promišljanja izazova koji stoje pred teorijskom fizikom i filozofijom glede pitanja kozmosa i kritički osvrt na određenje suvremene kozmologije kao empirijske discipline smatramo da opravdano možemo zaključiti da se cjelovit odgovor na pitanja kozmosa ne može dati nekim čisto empirijskim putem. Analiza specifikuma suvremene kozmologije otkriva da suvremena kozmologija nužno sadrži i znanstvene i filozofijske elemente; ona nije čisto znanstvena disciplina. Suvremena kozmologija se suočava s nizom tehničkih i fundamentalnih ograničenja te je na koncu prisiljena na tzv. filozofijske odabire. Suvremena kozmologija je po naravi filozofična. Ta je pak filozofičnost, ali i narav njezina predmeta, poziva na poznavanje vlastitih granica i upoznavanje s filozofijom te na koncu na komplementaran pristup pitanju kozmosa. Stoga se suvremena kozmologija mora razumjeti kao znanstveno-filozofijska disciplina. Samo komplementaran pristup, spoj fizikalne (tj. empirijske) kozmologije i filozofije kozmologije mogu kozmologe i filozofe približiti cjelovitijim odgovorima na pitanja kozmosa. Dakle, suvremena kozmologija bi trebala uključivati fizikalnu (tj. empirijsku) kozmologiju i filozofiju kozmologije. Štoviše, ako „suvremenost“ shvatimo kao uvijek novu težnju da se na postavljena pitanja (u ovom slučaju pitanja kozmosa) ponudi precizniji i cjelovitiji odgovor, tada se na temelju ovog istraživanja može zaključiti da se „suvremenost“ suvremene kozmologije očituje upravo u težnji i naporima za formiranje obuhvatnije kozmologije.

⁷⁰⁹ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 4.

⁷¹⁰ Vidi poglavlje ovoga rada: III. 4.

Literatura

Abbott, B. P. i dr. (2016). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Physical Review Letters*, 116, 061102.

(<https://physics.aps.org/featured-article-pdf/10.1103/PhysRevLett.116.061102>)

Agassi, J. (2004). The philosophy of science today. U: Shanker, S. G. (ur.), *Philosophy of Science, Logic and Mathematics in the 20th Century*. *Routledge History of Philosophy*. vol. IX. (str. 235–259). London: Routledge.

Agazzi, E. (2014). *Scientific Objectivity and Its Contexts*. Switzerland: Springer.

Agazzi, E. (1991). The Universe as a Scientific and Philosophical Problem. U: Agazzi, E., Cordero, A. (ur.). *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe*. (str. 1–53). Netherlands: Springer.

Agazzi, E., Pauri, M. (ur.). (2000). *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.

Akvinski, T. (2005a). O biću i biti. U: Vereš, T., Gavrić, A. (ur.). *Izabrano djelo*. (str. 125–157). Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Akvinski, T. (2005b). O vječnosti svijeta. U: Vereš, T., Gavrić, A. (ur.). *Izabrano djelo*. (str. 158–169). Zagreb: Nakladni zavod Globus.

Algra, K. (1999). The beginnings of cosmology. U: Long, A. A. (ur.). *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy*. (str. 45–65). USA: Cambridge University Press.

Alpher, R. A., Bethe, H., Gamow, G. (1948). The Origin of Chemical Elements. *Physical Review* 73, 7, 803–804. (<https://www.math.uh.edu/~tomforde/ArticlesUL/ABG.pdf>)

Amaral Vieira, F. J. (2011). Conceptual Problems in Cosmology. arXiv: 1110.5634.

Aristotel (2001). *Metafizika*. Zagreb: Signum.

Aristotel (2009). *O nebu*. Beograd: PAIDEA.

Arntzenius, F. (2012). *Space, Time & Stuff*. Oxford: Oxford University Press.

Augustin, A. (1983). *Ispovijesti*. Zagreb: KS.

Bailer-Jones, D. M. (2009). *Scientific Models in Philosophy of Science*. USA: University of Pittsburgh Press.

Bajsić, V. (1998). *Granična pitanja religije i znanosti*. Zagreb: KS.

Baryshev, Yu.V., Sylos Labini, F., Montuori, M., Pietronero, L. (1994). Facts and ideas in modern cosmology. *Vistas in Astronomy* 38 (4), 419–500. (arXiv:astro-ph/9503074.)

Bedau, M. A., Humphreys, P. (2008). *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*. UK: A Bradford book.

Bohm, D. (2008). *Cjelovitost i implicitni red*. Zagreb: KruZak.

Bondi, H. (1998). The Steady-State Theory of the Universe. U: Leslie, J. (ur.). *Modern Cosmology & Philosophy*. (str. 76–80). USA: Prometheus Books.

- Bonk, T. (2008). *Underdetermination: An Essay on Evidence and the Limits of Natural Knowledge*. Netherlands: Springer.
- Bonnor, W. B. (1998). Relativistic Theories of the Universe. U: Leslie, J. (ur). *Modern Cosmology & Philosophy*. (str. 70–76). USA: Prometheus Books.
- Brković, N. (2001). *Zbirka zadatka iz fizike*. III. dio. Zagreb: Luk.
- Bruno, G. (1957). On the Infinite Universe and Worlds. U: Munitz, M. K. (ur). *Theories of the Universe. From Babylonian myth to the modern science* (str. 174–189). USA: The Free Press.
- Brocchieri, M. F. B., Parodi, M. (2013). *Povijest srednjovjekovne filozofije. Od Boetija do Wycliffa*. Zagreb: KS.
- Bunge, M. (2013). Fizičar i filozofija. *Čemu*, XI (21), 165–183.
- Butterfield, J. (2014). On under-determination in cosmology. U: Zinkernagel, H. (ur), *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 57–69.
- Butterfield, J. (2012). *Under-determination in Cosmology: an Invitation*. The Presidential Address to the Mind Association: Stirling, Scotland.
(<http://philsci-archive.pitt.edu/9156/1/UnderdetCosmMind.pdf>)
- Campbell, N. (1952). *What is Science?*. New York: Dover Publications.
- Carnap, R. (1966). *The Philosophy of Science*. USA: Basic Books.
- Carr, B. (ur). (2007). *Universe or Multiverse?*. UK: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. (2005), *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cassirer, E. (1998). *Uz Einsteinovu teoriju relativnosti: spoznajnoteorijska razmatranja*. Zagreb: Demetra.
- Clayton, P. D. (2004). Emergence: us from it. U: Barrow, J. D., Davies, P. C. W. & Harper, C. L. (ur). *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. (str. 577–606). UK: CUP.
- Clark, S. (1999). *Towards the Edge of the Universe: A Review of Modern Cosmology*. UK: PRAXIS Publishing.
- Cornford, F. M. (1957). Pattern of Ionian Cosmology. U: Munitz, M. K. (ur). *Theories of the Universe. From Babylonian myth to the modern science*. (str. 21–31). USA: The Free Press.
- Cornford, F. M. (1997). *Plato's Cosmology: The Timaeus of Plato*. Indianapolis: Hackett Publishing Company.
- Copleston, F. (1988a). (Aristotelova) filozofija prirode i psihologija. U: Isti. *Istorija filozofije*. sv. I. (str. 356–367). Beograd: Beogradski izdavačko-grafički zavod.
- Copleston, F. (1988b). Platonova fizika. U: Isti. *Istorija filozofije*, sv. I. (str. 280–288). Beograd: Beogradski izdavačko-grafički zavod.
- Couprie, D. L. (2011). *Heaven and Earth in Ancient Greek Cosmology*. New York: Springer.
- Crvenka, M. (2010). *Prirodne znanosti i religija: pokušaj sažetog pregleda*. Zagreb: KS.
- Dancy, J. (2001). *Uvod u suvremenu epistemologiju*. Zagreb: HS.

Davison, W. (1962). Philosophical Aspects of Cosmology. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 13 (50), 120–129.

de Broglie, L. (1954). Henri Poincaré et les théories de la physique. *L'Astronomie*. Vol. 68, str. 217–229.

Devitt, M. (2010). *Putting Metaphysics First: Essays on Metaphysics and Epistemology*. USA: Oxford University Press.

Devitt, M. (1997). *Realism and Truth*. USA: Princeton University Press.

Diels, H. (1983). *Predsokratovci: fragmenti*. sv. 1. Zagreb: Naprijed.

Dirac, P. A. M. (1973). Fundamental constants and their development in time. U: Jagdish, M. (ur). *The Physicist's Conception of Nature*. (str. 45–59). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Domazet, M. (2012). Znanost. U: Kutleša, S. (ur), *Filozofski leksikon*. (str. 1285–1287). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.

Dožudić, D. (2013). Realizam, vjerojatnost i najbolje objašnjenje. *Prologomena*. 12 (2), str. 223–243.

Drake, S. (2006). Galileo Galilei. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 4. (str. 8–13). USA: Thomson Gale.

Duhem, P. (1962). *The Aim and Structure of Physical Theory*. New York: Princeton University Press.

Ellis, G. F. R. (2006a). Cosmology (Addendum). U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 2. (str. 564–567). USA: Thomson Gale.

Ellis, G. F. R. (1998). Emerging Questions and Uncertainties. U: Leslie, J. (ur). *Modern Cosmology & Philosophy*. (str. 273–288). USA: Prometheus Books.

Ellis, G. F. R. (2006b). Issues in the Philosophy of Cosmology. U: Butterfield, J., Earman, J. (ur). *Handbook of the Philosophy of Science: Philosophy of Physics*. Dio: B. (str. 1183–1268). Amsterdam: Elsevier.

Ellis, G. F. R. (2007). Multiverse: Description, uniqueness, and testing. U: Carr, B (ur). *Universe or multiverse?*. (str. 387–410). Cambridge University Press.

Ellis, G. F. R. (2014). On the philosophy of cosmology. U: Zinkernagel, H. (ur). *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 4–23.

Ellis, G. F. R. (2013). The arrow of time and the nature of spacetime. arXiv: 1302.7291.

Ellis, G. F. R. (2004). True complexity and its associated ontology. U: Barrow, J. D., Davies, P. C. W. & Harper, C. L. (ur). *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. (str. 607–636). UK: CUP.

Ellis, G. F. R., Kirchner, U., Stoeger, W. R. (2003). Multiverses and physical cosmology. arXiv: 0305292v3.

Ellis, G. F. R., Maartens, R., MacCallum, M. A. H. (2012). *Relativistic cosmology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Feyerabend, P. (1996). Razum i praksa. U: Lelas, S., Vukelja, T. *Filozofija znanosti: s izborom tekstova*. (str. 99–109). Zagreb: Školska knjiga.

- Freanach, S. (2007). *Science: Key Concepts in Philosophy*. UK: Continuum.
- Frigg, R. Oxford Bibliographies Online.
http://www.romanfrigg.org/writings/Models_and_Theories_in_Science.pdf
 (pristupljeno 4. 9. 2017.)
- Froggatt, C. D., Nielsen, H. B. (1991). *Origin of Symmetries*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Fromm, J. (2004). *The Emergence of Complexity*. Kassel: Kassel University Press.
- Gamow, G. (1998). Modern Cosmology. U: Leslie, J. (ur). *Modern Cosmology & Philosophy*. (str. 57–69). USA: Prometheus Books.
- Gavrić, A. (2000). Poimanje Akvinčeve filozofije u djelu Tome Vereša O.P. U: Isti (ur). *Ljubav prema istini*. (str. 67–81). Zagreb: Dominikanska naklada Istina.
- Gibbons, G. W., Turok, N. (2008). Measure problem in cosmology. *Physical Review D*, 77 (6), 063516, 1–12.
- Glynn, I. (2010). *Elegance in Science: The Beauty of Simplicity*. Oxford: Oxford University Press.
- Golub, I, Paar, V (2008). *Skriveni Bog: Nove dodirne točke znanosti i religije*. Zagreb: Teovizija.
- Gomperz, T. (1957). The Development of the Pythagorean Doctrine. U: Munitz, M. K. (ur). *Theories of the Universe. From Babylonian myth to the modern science*. (str. 32–40). USA: The Free Press.
- Grant, E. (2006). *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to the Nineteenth Century*. UK: Cambridge University Press.
- Guthrie, W. K. C. (2012a). *Povijest grčke filozofije*. sv. 1. Zagreb: Naklada Jurčić.
- Guthrie, W. K. C. (2012b). *Povijest grčke filozofije*. sv. 2. Zagreb: Naklada Jurčić.
- Guthrie, W. K. C. (2012c). *Povijest grčke filozofije*. sv. 5. Zagreb: Naklada Jurčić.
- Guthrie, W. K. C. (2012d). *Povijest grčke filozofije*. sv. 6. Zagreb: Naklada Jurčić.
- Guthrie, W. K. C. (2006). Pythagoras and Pythagoreanism. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 8. (str. 182–184). USA: Thomson Gale.
- Hahn, H., Neurath, O., Carnap, R. (2005). *Znanstveno shvaćanje svijeta: Bečki krug*. Zagreb: Scopus.
- Hamilton, J.-Ch. (2014). What have we learned from observational cosmology?. U: Zinkernagel, H. (ur). *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 70–85.
- Harper, W. L. (2006). Newton, Isac. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 6. (str. 590–594). USA: Thomson Gale.
- Harman, G. (2012). Concerning Stephen Hawking's Claim that Philosophy is Dead. *Filozofski vestnik*. Vol. 33(2), str.11–22.
- Harré, R. (1962). Philosophical Aspects of Cosmology. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 13 (50), str. 104–119. (<http://www.jstor.org/stable/685964>)
- Hawking, S. W. (1989). *A Brief History of Time*. UK: Bantam Press.

- Hawking, S. W. (2011). *Stephen Hawking @ Google Zeitgeist 2011*.
<https://www.neowin.net/forum/topic/998836-stephen-hawking-google-zeitgeist-2011/>
 (pristupljeno 4. 9. 2017.)
- Hawking, S. W. (1996). Quantum Cosmology. U: Hawking, S. W., Penrose, R. *The Nature of Space and Time*. (str. 75–103). USA: Princeton University Press.
- Hawking, S. W. (ur). (2003). *On the Shoulders of Giants*. UK: Penguin Books.
- Hawking, S. W. (2009). The Origin of the Universe. U: Arber, W., Cabibbo, N., Sorondo, M. S. (ur). *Scientific Insights into the Evolution of the Universe and Life*. Acta 20. (str. 57–64). Vatican City: Pontifical Academy of Sciences.
 (<http://www.pas.va/content/dam/accademia/pdf/acta20/acta20-hawking.pdf>)
- Hawking, S. W., Mlodinow, L. (2010). *The Grand Design: new answers to the ultimate questions of life*. New York: Bantam Press.
- Hawley, J. F., Holcomb, K. A. (2005). *Foundations of Modern Cosmology*. UK: Oxford University Press.
- Heisenberg, W. (1997). *Fizika i filozofija*. Zagreb: KruZak.
- Heisenberg, W. (1998). *Promjene u osnovama prirodne znanosti: šest predavanja; Slika svijeta suvremene fizike*. Zagreb: KruZak
- Heller, M. (2013a). *Filozofia kosmologije*. Kraków: Copernicus Center Press.
- Heller, M. (2013b). Gdje se fizika susreće s metafizikom. U: MAJID, S. (ur.), *O prostoru i vremenu*. (str. 246–282). Zagreb: Misl.
- Heller, M. (2011). How to Become Science? The Case of Cosmology. U: Arber, W., Mittelstrass, J., Sánchez Sorondo, M. (ur). *The Scientific Legacy of the 20th Century*. Acta 21. (str. 335–353). Vatican City: Pontifical Academy of Sciences.
 (<http://www.pas.va/content/dam/accademia/pdf/acta21/acta21-heller.pdf>)
- Hempel, C. G., Oppenheim, P (1996). Studije logike objašnjenja. U: U: Lelas, S., Vukelja, T. *Filozofija znanosti: s izborom tekstova*. (str. 67–72). Zagreb: Školska knjiga.
- Hesiod (2005). *Poslovi i dani; Teogonija*. Zagreb: Demetra.
- Holder, R. D. (2004). *God, the Multiverse, and Everything*. UK: Ashgate.
- Hrupec, D, Blagus Bartolec, G. (2016). Terminološke dvojbe u astronomskom nazivlju. U: *Kemija u industriji*. 65 (1–2). str. 73–74.
- Huffman, C. A. (1999). The Pythagorean tradition. U: Long, A. A. (ur). *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy*. (str. 66–88). USA: Cambridge University Press.
- Hwang, J. C. (2012). Modern Cosmology: Assumptions and Limits. *Journal of the Korean Astronomical Society* 45, str. 65–69.
- Jaakkola, T. (1989). The Cosmological Principle: Theoretical and Empirical Foundations. *Apeiron*, 4, str. 14–49.
 (<http://redshift.vif.com/JournalFiles/Pre2001/V0N04PDF/V0N04JAA.pdf>)
- Jacobsen, T. (1957). Enuma Elish "The Babylonian Genesis". U: Munitz, M. K. (ur), *Theories of the Universe. From Babylonian myth to the modern science*. (str. 8–20). USA: The Free Press.
- Jammer, M. (1957). *Concepts of force: Study in the foundations of dynamics*, USA: Harvard University Press.

- Kahn, C. H. (2006). Plato: Timaeus and Platonic Cosmos. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 7. (602–604). USA: Thomson Gale.
- Kešina, I., Radošević, A. (2009). Galileo Galilei – povijest jednog slučaja. *Crkva u svijetu*, vol. 44 (4), str. 501–521.
- Kepler, J. (2003). Harmonies of the World: V. U: Hawking, S. W. (ur). *On the Shoulders of Giants*. (str. 635–725). UK: Penguin Books.
- Koestler, A. (2006). Kepler, Johannes. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 5. (str. 50–55). USA: Thomson Gale.
- Kopernik, N. (2003). On the Revolution of Heavenly Spheres. U: Hawking, S. W. (ur). *On the Shoulders of Giants*. (str. 7–390). UK: Penguin Books.
- Kožnjak, B. (2013). *Eksperiment i filozofija. Eksperimentalna metoda između ontologije i tehnologije, epistemologije i ideologije*. Zagreb: KruZak.
- Kragh, H. (2007a). *Conceptions of Cosmos: From Myths to the Accelerating Universe: A History of Cosmology*. UK: Oxford University Press.
- Kragh, H. (2012a). Criteria of Science. arXiv:1208.5215.
- Kragh, H. (2012b). “The most philosophically of all the sciences”: Karl Popper and physical cosmology. (<http://philsci-archive.pitt.edu/9062/>)
- Kragh, H. (2014a). Testability and epistemic shifts in modern cosmology. U: Zinkernagel, H. (ur). *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 48–56.
- Kragh, H. (2007b). The Controversial Universe: A Historical Perspective on the Scientific Status of Cosmology. *Physics and Philosophy*. Id: 008, str. 1–14.
<https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/24422/1/008.pdf>
- Kragh, H. (2014b). The Science of the Universe: Cosmology and Science Education. U: Matthews, M. R. (ur). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. (str. 643–665). Netherlands: Springer.
- Kragh, H., Overduin, J. M. (2014). *The Weight of the Vacuum*. Netherlands: Springer.
- Kumerički, K. (2002). Kozmičko pozadinsko zračenje – prva fotografija svemira.
<http://ljskola.hfd.hr/arhiva/2002/kumericki.pdf> (pristupljeno 4. 9. 2017.)
- Kumerički, K. (2013). Najnovija mjerenja kozmičkog pozadinskog zračenja. *Matematičko-fizički list LXIII* 4, str. 250–255.
(http://digre.pmf.unizg.hr/4772/1/MFL_vol.252_2013_no.4_God.LXIII.pdf)
- Kuhn, T. S. (2013). *Struktura znanstvenih revolucija*. Zagreb: Jesenski i Turk.
- Kutleša, S. (2012). Dualizam ili monizam sila u prirodi? Boškovićev zakon privlačno-odbojnih sila. *PILAR*, VII, 13 (1), str. 95–112.
- Kutleša, S. (2003). Početci newtonizma u Europi i u Hrvatskoj. *Prilozi*, 57-58, str. 57–73.
- Kutleša, S. (1997). Pogovor. U: Heisenberg, W. *Fizika i filozofija*. (str. 167–178). Zagreb: KruZak.
- Le Poidevin, R., MacBeath, M. (1993). *The philosophy of Time*. Oxford: Oxford University Press.
- Lelas, J. (2000). *Teorije razvoja znanosti*. Zagreb: ArTresor.

- Lelas, S., Vukelja, T. (1996). *Filozofija znanosti*. Zagreb: Školska knjiga.
- Lelas, S. (1990). *Promišljanje znanosti*. Zagreb: Hrvatsko filozofsko društvo.
- Leslie, J. (ur). (1998). *Modern Cosmology & Philosophy*. USA: Prometheus Books.
- Liddle, A., Loveday, J. (ur). (2009). *Companion to Cosmology*. New York: Oxford University Press.
- Liddle, A. (2003). *Introduction to Modern Cosmology*. UK: WILEY.
- Liebscher, D. E. (2005). *Cosmology*. Germany: Springer.
- Longair, S. M. (2003). *Theoretical Concepts in Physics. An Alternative View of Theoretical Reasoning in Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mainzer, K. (2002). *The Little Book of Time*. New York: Springer.
- McComas, W. F. (2002). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. U: Isti (ur). *The Nature of Science in Science Education*. (str. 53–73). USA: Kluwer Academic Publishers.
- McGrath, A. E. (2009). *A Fine-Tuned Universe*. Luisville: WJK Press.
- Majid, S. (ur). (2013). *O prostoru i vremenu*. Zagreb: Misli.
- Matthews, M. R. (2014). Pendulum Motion: A Case Study in How History and Philosophy Can Contribute to Science Education. U: Isti (ur). *International Handbook of Research in History: Philosophy and Science Teaching*. (str. 19–56). Netherlands: Springer.
- McMullin, E. (2002). A Case for Scientific Realism. U: Balashov, Y., Rosenberg, A. (ur). *Philosophy of Science: Contemporary Readings*. (str. 248–281). London: Routledge.
- McMullin, E. (1998). Is Philosophy Relevant to Cosmology?. U: Leslie, J. (ur). *Modern Cosmology & Philosophy*. (str. 35–56). New York: Prometheus Books.
- Medawar, P. (1989). *The Limits of Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Menn, S. (2006). Aristotle: Physics and Cosmology. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 1. (str. 271–273). USA: Thomson Gale.
- Mersini-Houghton, L., Vaas, R. (ur). (2012). *The Arrows of Time: A Debate in Cosmology*. London: Springer.
- Milin, M. (2010). *Nuklearna astrofizika*. Zagreb: PMF.
- Mondin, B. (1991). *Dizionario enciclopedico del pensiero di san Tomaso D'Aquino*. Bologna: Edizioni Studio Domenicano.
- Morandini, S. (2012). *Teologija i filozofija*. Zagreb: Kršćanska sadašnjost.
- Moreschini, C. (2009). *Povijest patrističke filozofije*. Zagreb: Kršćanska sadašnjost.
- Morgan, K. A. (2004). *Myth and Philosophy from the Presocratics to Plato*. UK: Cambridge University Press.
- Moritz, H. (1998). *Znanost, um i svemir: Uvod u prirodnu filozofiju*. Zagreb: Školska knjiga.
- Morowitz, H. J. (2002). *The Emergence of Everything: How the World became Complex*. New York: Oxford University Press.
- Morrison, M. (2015). *Reconstructing Reality: Models, Mathematics, and Simulations*. New York: Oxford University Press.

- Moser, P. K. (2004). Realizam, objektivnost i skepticizam. U: Greco, J. & Sosa, E. (ur). *Epistemologija: vodič u teorije znanja*. (str. 84–112). Zagreb: Jesenski i Turk.
- Mosterin, J. (2000). Observation, Construction and Speculation in Cosmology. U: Agazzi, E., Pauri, M. (ur). *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism*. (str. 219–230). Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Mukhanov, V. (2005). *Physical Foundations of Cosmology*. New York: Cambridge.
- Munitz, M. K. (2006). Cosmology. U: Borchert, D. M. (ur). *Encyclopedia of Philosophy*. Vol. 2. (str. 556–564). USA: Thomson Gale.
- Munitz, M. K. (ur). (1957). *Theories of the Universe; from Babylonian myth to the modern science*. USA: The Free Press.
- Naddaf, G. (2006). *The Greek Concept of Nature*. USA: SUNY.
- Neugebauer, O. E. (1983). *Astronomy and History*. New York: Springer-Verlag.
- Neugebauer, O. E. (1969). *The Exact Sciences in Antiquity*. New York: Dover Publications.
- Newton, I. (2003). The Mathematical Principles of Natural Philosophy. U: Hawking, S. W. (ur). *On the Shoulders of Giants*. (str. 733–1160). UK: Penguin Books.
- Niaz, M. (2014). Science Textbooks: The Role of History and Philosophy of Science. U: Matthews, M. R. (ur). *International Handbook of Research in History: Philosophy and Science Teaching*. (str. 1411–1441). Netherlands: Springer.
- Norris, C. (2011). Hawking contra Philosophy.
https://philosophynow.org/issues/82/Hawking_contra_Philosophy (pristupljeno 4. 9. 2017.).
- O'Hear, A. (2007). *Uvod u filozofiju znanosti*. Zagreb: Filozofija.
- Pavlović, B. U. (1978). *Filozofija prirode*. Zagreb: Naprijed.
- Pavlović, B. U. (1981). Tajne dijaloga Timaj. U: Platon. *Timaj*. (str. 5–49). Beograd: NIRO.
- Pavlovski, K. & Vidic, A. Velika debata.
<http://www.phy.pmf.unizg.hr/~kresimir/debata.html> (pristupljeno 4. 9. 2017.).
- Pauri, M. (1991). The Universe as a Scientific Object. U: Agazzi, E., Cordero, A. (ur). *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe*. (str. 291–340). Netherlands: Springer.
- Pecker, J. C. (2001). *Understanding the Heavens: Thirty Centuries of Astronomical Ideas from Ancient Thinking to Modern Cosmology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Peacock, J. A. (2010). *Cosmological Physics*. UK: Cambridge University Press.
- Peebles, P. J. E. (1993). *Principles of Physical Cosmology*. Princeton: University Press.
- Peebles, P. J. E. (2012). The natural science of cosmology. International Conference on Gravitation and Cosmology, Goa, December 2011. arXiv: 1203.6334v1.
- Pejović, D. (1988). Bitak i kretanje. U: Aristotel. *Fizika*. (str. v–xxxi). Zagreb: Globus.
- Penrose, R. (2005). *The Road to Reality*. London: Vintage Books.
- Petković, T. (2005). *Eksperimentalna fizika i spoznajna teorija*. Zagreb: Školska knjiga.
- Petković, T. (2006). *Uvod u modernu kozmologiju i filozofiju*. Rijeka: Element.

- Petković, T. (2007). Doticaj moderne kozmologije i religije: poimanje početaka svemira. *Filozofska istraživanja*, 106 (27) 2, str. 307–320.
- Pieper, J. (2012). *O vjeri. Filozofska rasprava*. Zagreb: Kršćanska sadašnjost.
- Pivčević, E. (2002). *Što je istina?*. Zagreb: Hrvatski studiji.
- Planck, M. (1963). *The Philosophy of Physics*. New York: The Norton Library.
- Planinić, J. (2005). O prošlosti svemira i razvoju kozmološke misli. *Crkva u svijetu*, 40 (1), str. 83–98.
- Platon (1996). *Fedon*. Zagreb: Naklada Jurčić.
- Platon (1981). *Timaj*. Beograd: Mladost.
- Polkinghorne, J. (2013). Priroda vremena. U: Majid, S. (ur). *O prostoru i vremenu*. (str. 283–288). Zagreb: Misl.
- Poincaré, H. (1989). *Znanost i hipoteza*. Zagreb: Globus.
- Popper, K. R. (2002a). *Conjectures and Refutations*. London: Routledge.
- Popper, K. R. (2002b). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge.
- Popper, K. R. (1996a). *The Myth of the Framework: In defence of science and rationality*. London: Routledge.
- Prokhovnik, S. J. (1985). *Light in Einstein's Universe: The Role of Energy in Cosmology and Relativity*. Netherlands: Springer.
- Raudvere, C. (2009). The Part or the Whole: Cosmology as an Empirical and Analytical Concept. *Temenos* 45 (1), 7–33.
- Rees, M. (2000). *Just six numbers: The Deep Forces That Shape the Universe*. USA: Basic Books.
- Romero, G. E. (2011). Philosophical problems of space-time theories. arXiv: 1105.4376.
- Rosenberg, A. (2005). *Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Rovelli, C. (2014a). *Science is not about certainty*.
<https://newrepublic.com/article/118655/theoretical-physicist-explains-why-science-not-about-certainty> (pristupljeno 4. 9. 2017.).
- Rovelli, C. (2014b). *The Philosophy of Guessing Has Harmed Physics, Expert Says*.
<https://blogs.scientificamerican.com/cross-check/the-philosophy-of-guessing-has-harmed-physics-expert-says/> (pristupljeno 4. 9. 2017.).
- Rovelli, C. (2015). *Što ako vrijeme ne postoji*. Zagreb: TIM press.
- Ryden, B. (2006). *Introduction to Cosmology*. USA: The Ohio State University: Department of Astronomy.
- Sanders, R. (2010). *The Dark Matter Problem. A Historical Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scheibe, E. (2000). The Origin of Scientific Realism: Boltzman, Planck, Einstein. U: Agazzi, E., Pauri, M. (ur). *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism*. (str. 31–44). Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Schmidt, W. (1998). Vrijeme kod Augustina. *Scopus*, 3 (7-8), str. 51–58.

Shapere, D. (2000). Testability and Empiricism. U: Agazzi, E., Pauri, M. (ur). *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism*. (str. 153–164). Dordrecht: Springer Science+Business Media.

Smeenk, C. (2013). Philosophy of Cosmology. U: Batterman, R. (ur). *The Oxford Handbook of Philosophy of Physics*. (str. 607 – 652). New York: Oxford University Press.
(<http://publish.uwo.ca/~csmeenk2/files/PhilCosmoWeb.pdf>, pristupljeno 4. 9. 2017.).

Smeenk, C. (2014). Predictability crisis in early universe cosmology. U: Zinkernagel, H. (ur). *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 122–133.

Smolin, L. (2007). *The Trouble with Physics. The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*. Boston: Houghton Mifflin.

Somerville, R. S., Kyoungsoo, L., Ferguson, H. C., Gardner, J. P.; Moustakas, L. A., Giavalisco, M. (2004). Cosmic Variance in the Great Observatories Origins Deep Survey. *The Astrophysical Journal* 600: L171–L174. (arXiv: 0309071)

Starkman, G. D., Copi, C. J., Huterer, D., Schwarz, D. (2012). The Oddly Quiet Universe: How the CMB challenges cosmology's standard model. arXiv:1201.2459.

Stenger, V. J., Lindsay, J. A., Boghossian, P. (2015). Physicists Are Philosophers, Too. Na: <https://www.scientificamerican.com/article/physicists-are-philosophers-too/#>
(pristupljeno 4. 9. 2017.).

Stoeger, W. R., Ellis, G. F. R., Kirchner, U. (2008). Multiverses and Cosmology: Philosophical Issue. arXiv: 0407329v2.

Supek, I., Furić, M. (1994). *Počela fizike: uvod u teorijsku fiziku*. Zagreb: Školska knjiga.

Talanga, J. (2012). Descartes, René. U: Kutleša, S. (ur), *Filozofski leksikon*. (str. 220–223). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.

Taylor, C. C. W. (1999). The atomists. U: Long, A. A. (ur), *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy*. (str. 181–205). USA: Cambridge University Press.

Taylor, A. (2013). Tamni Svemir. U: Majid, S. (ur). *O prostoru i vremenu*. (str. 18–70). Zagreb: Misl.

Thulmin, S. (1985). *The Return to Cosmology: Postmodern Science and the Theology of Nature*. USA: University of California Press.

Thurston, H. (1996). *Early Astronomy*. New York: Springer-Verlag.

Ule, A. (2003). Razlozi Popperova znanstvenog realizma. *Revija za sociologiju*. XXXIV (1-2), str. 9–21.

Ule, A. (1996). *Znanost i realizam*. Zagreb: Hrvatsko filozofsko društvo.

van Melsen, A. G. M. (2006). Atomism. U: BORCHERT, D. M. (ur). *Encyclopaedia of Philosophy*. Vol. 1. (str. 383–389). USA: Thomson Gale.

Vereš, T. (1978a). Astronomija i problem postojanja Boga. U: Isti. *Iskonski mislilac*. (str. 63–78). Zagreb: DNI.

Vereš, T. (1978b). Toma Akvinski – preteča Nikole Kopernika. U: Isti. *Iskonski mislilac*. (str. 79–90). Zagreb: DNI.

- Vereš, T. (1978c). Jedinstvena misao o vječnosti svijeta. U: Isti. *Iskonski mislilac*. (str. 91–98). Zagreb: DNI.
- Vereš, T. (1978d). Što je teologija u Tome Akvinskog?. U: Isti. *Iskonski mislilac*. (str. 15–48). Zagreb: DNI.
- van Helden, A. (1985). *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*. Chicago: University of Chicago Press.
- von Weizsäcker, C. F. (2006). *The Structure of Physics*. Netherlands: Springer.
- Vujnović, V. (2009.). *Astronomija 1: osnove astronomije i planetarni sustav*. Zagreb: Školska knjiga.
- Vujnović, V. (2010). *Astronomija 2: metode astrofizike, Sunce, zvijezde i galaktike*. Zagreb: Školska knjiga.
- Ward, K. (2010). *Zašto gotovo sigurno ima Boga: Sumnja u Dawkinsa*. Zagreb: KS.
- Weinberg, S. (1989). The Cosmological constant problem. *Reviews in Modern Physics*, 6 (1), 1–23.
- Weisberg, M. (2013). *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*. New York: Oxford University Press.
- Whewell, W. (1996). O osnovnim idejama. U: Lelas, S., Vukelja, T. *Filozofija znanosti: s izborom tekstova*. (str. 57–66). Zagreb: Školska knjiga.
- Wilson, R. W. (1992). The Cosmic Microwave Background Radiation: Noble Lecture, 8. December, 1978. U: Lundqvist, L. (ur). *Physics: Nobel Lectures 1971 – 1980*. (str. 463–483). Singapore: World Scientific.
- Wright, E. L. (2006). A Century of Cosmology. arXiv: 0603750v1.
- Zinkernagel, H. (2014). Philosophical aspects of modern cosmology. U: Isti (ur). *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. Vol. 46, Dio: A (May), New York: Elsevier, posebno izdanje: *Philosophy of cosmology*, str. 1–4.
- Zovko, N. (2002). *Prostor, vrijeme, tvar*. Zagreb: ArTresor.

Napomena:

Zahvaljujem na dopuštenju za korištenje dijagrama:

- Dijagram 1 (str. 100), nakladniku Školska knjiga, Zagreb;
- Dijagram 2 (str. 111), red. prof. dr. sc. Krešimiru Kumeričkom, Fizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu;
- Dijagram 3 (str. 173), prof. emer. dr. sc. Georgu F. R. Ellisu, Department of Mathematics, University of Cape Town.

Životopis

Marina Novina (rođena 16. siječnja 1980. u Zagrebu) diplomirala je, 18. srpnja 2008., filozofiju i sociologiju na Hrvatskim studijima sveučilišta u Zagrebu s temom *Prostor i vrijeme – filozofijski problem* (mentor, prof. dr. sc. Stipe Kutleša). Doktorski studij filozofije upisala je 2008. na Hrvatskim studijima Sveučilišta u Zagrebu čijom joj je odlukom, od 12. veljače 2013., odobreno pokretanje postupka stjecanja doktorata znanosti s temom: *Filozofijska analiza empirijskih temelja suvremene kozmologije*.

Od 2010. do danas na Fakultetu filozofije i religijskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu kao vanjski suradnik aktivno sudjeluje u nastavi s kolegijima: Logika, Izabrana pitanja iz suvremene metafizike, Suvremena znanost i postojanje Boga, Uvod u filozofiju Tome Akvinskoga, Filozofijska analiza Augustinovih *Ispovijesti* i Izabrane teme (kozmološke) iz antičke filozofije.

Aktivno je sudjelovala na više domaćih i međunarodnih znanstvenih simpozija te je autor više znanstvenih radova.

Recenzirani radovi:

1. Marina Novina, Nikola Stanković, 2018., Tvar – emergentni fenomen i poziv fizike na metafiziku, *Obnovljeni život* – rad je prihvaćen i prošao recenzijski postupak (izvorni znanstveni rad).
2. Marina Novina, 2017., *Ispovijesti* – Augustinov nagovor na filozofiju, *Obnovljeni život* 72 (3), str. 289–300, (izvorni znanstveni rad).
3. Marina (Ivana Pavla) Novina, 2014., Filozofija znanosti u hrvatskih tomista – dominikanska baština, u: Ivan Šestak, Josip Oslić, Anto Gavrić (ur.), *Prilozi o hrvatskoj neoskolastici*, Zagreb, FFDI: Filozofski niz, str. 115–130, (izvorni znanstveni rad).
4. Marina (Ivana Pavla) Novina, 2012., Slika svijeta i višedimenzionalnost istine: filozofijska priroda fizikalne kozmologije, u: Anto Gavrić, Ivan Šestak (ur.), *Veritas vitae et doctrinae – Upotrazi za istinom o čovjeku i Bogu* (zbornik radova u čast Hrvoja Lasića, OP), Zagreb, FFDI: Filozofski niz, str. 269–279, (pregledni članak).

Ostali radovi:

1. Marina (Ivana Pavla) Novina, 2014., Mariateresa Fumagalli Beonio Brocchieri — Massimo Parodi, Povijest srednjovjekovne filozofije. Od Boetija do Wycliffea, *Obnovljeni život* 69 (2), str. 273–274. (prikaz-recenzija).
2. Marina (Ivana Pavla) Novina, 2011., Estetika glazbe i poimanje lijepoga, *Izazov istine* 33 (1), str. 66–75, (stručni rad).

Poglavlje u udžbeniku:

1. Marina (Ivana Pavla) Novina, 2016., Sto godina katoličkog socijalnog nauka, u: Borna Jelšenjak, Kristijan Krkač (ur.) *Poslovna etika, korporacijska društvena odgovornost i održivost* (udžbenik iz poslovne etike), Zagreb, MATE, str. 60–79.

Urednička knjiga:

1. Ana Buljat, Anto Gavrić, Jakica Vuco, Ivana Pavla Novina, Matijas Farkaš (ur.), *Sveti Dominik i Red propovjednika*, Zagreb: Dominikanska naklada Istina, 2012., (priručnik za državnu olimpijadu iz vjeronauka).

Izlaganja na simpozijima:

1. "Chest Fest: Međunarodni kongres Revolucija Pravovjerja" (Fakultet filozofije i religijskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatski chestertonijanski klub i The American Chesterton Society, FFRZ, 2018.),
izlaganje: Gavrić, A. – Novina, M. *Chesterton i Toma*.
2. "Konferencija o hrvatskoj neoskolastici: Kršćanska filozofija unutar hrvatske filozofije 20. stoljeća" (FFDI, 2014.),
izlaganje: *Filozofija znanosti u hrvatskih tomista XX. stoljeća – dominikanska baština*.
3. "Filozofija Ruđera Josipa Boškovića" (Filozofski fakultet Družbe Isusove, međunarodni znanstveni simpozij, 2011.),
izlaganje: *Recepcija Boškovićeve filozofije u hrvatskih klerika*.
4. "Augustin Kažotić" (Sveučilište u Fribourgu, KBF Sveučilišta u Zagrebu, Institut sv. Tome u Zagrebu, Institut sv. Tome u Fribourgu, međunarodni znanstveni simpozij, 2011.), izlaganje: *Veliki hrvatski štovatelji bl. Augustina Kažotića u 20-om stoljeću*.