

MODELIRANJE U FILOZOFIJI ZNANOSTI NANCY CARTWRIGHT U KONTEKSTU SUVREMENE RASPRAVE O ZNANSTVENIM MODELIMA

Lukin, Josip

Doctoral thesis / Disertacija

2015

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:111:167724>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-30**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Hrvatski studiji – Sveučilište u Zagrebu

Josip Lukin

**MODELIRANJE U FILOZOFIJI
ZNANOSTI NANCY CARTWRIGHT
U KONTEKSTU SUVREMENE RASPRAVE
O ZNANSTVENIM MODELIMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu

Hrvatski studiji – Sveučilište u Zagrebu

Josip Lukin

**MODELIRANJE U FILOZOFIJI
ZNANOSTI NANCY CARTWRIGHT
U KONTEKSTU SUVREMENE RASPRAVE
O ZNANSTVENIM MODELIMA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Dr. sc. Stipe Kutleša

Zagreb, 2014.



University of Zagreb

Centre for Croatian Studies – University of Zagreb

Josip Lukin

**MODELING IN NANCY CARTWRIGHT'S
PHILOSOPHY OF SCIENCE
IN THE CONTEXT OF CONTEMPORARY
DEBATES ON SCIENTIFIC MODELS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Stipe Kutleša, PhD

Zagreb, 2014

INFORMACIJE O MENTORU

Stipe Kutleša

Znanstveni savjetnik u Institutu za filozofiju u Zagrebu i naslovni redoviti profesor na Hrvatskim studijima Sveučilišta u Zagrebu.

Diplomirao filozofiju (A) i povijest (B) na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1979) i fiziku na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1982). Magistrirao na poslijediplomskom studiju "Povijest i filozofija znanosti" u Dubrovniku (1986). Doktorirao na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1993).

Bavi se filozofijom znanosti, povijesti znanosti, hrvatskom filozofijom, odnosom znanosti, filozofije i religije. Objavio je četiri autorske knjige, nekoliko uredničkih knjiga, preko 80 znanstvenih i stručnih radova.

Bio je zaposlen u Zavodu za povijest i filozofiju znanosti HAZU (1984 - 2002) i od 2002. u Institut za filozofiju u Zagrebu gdje je obnašao dužnost ravnatelja Instituta (2002-06). Predavao/predaje filozofiju znanosti, spoznajnu teoriju, povijest fizike, logiku na Hrvatskim studijima, na Filozofskom fakultetu DI u Zagrebu, na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Mostaru, Katoličkom bogoslovnom fakultetu u Zagrebu (ITK).

Glavni je urednik *Filozofskog leksikona* Leksikografskog zavoda „Miroslav Krleža“ (2012). Pročelnik Odjela za filozofiju Matice hrvatske (2000-2003 i od 2014 -). Organizator i član Organizacijskih odbora znanstvenih simpozija. Izlagao na znanstvenim skupovima i kao pozvani predavač u zemlji i inozemstvu. Član je uredništva, savjeta časopisa i strukovnih udruga.

SAŽETAK

Filozofija može bolje razumjeti znanost tako da rekonstruira neki aspekt znanosti kako bi ga se moglo pojmovno analizirati. Prva tema je kako se u povijesti filozofije znanosti od pojma teorije došlo do pojma modela kao središnjeg pojma. Pojam modela još se uvijek analizira onako kao što se analiziralo teorije, analizira ga se kao entitet koji ima određena svojstva te odnose s teorijom i sa stvarnošću. Takav pristup ima poteškoća. Koji je odnos između teorija i modela te koji je odnos između modela i fenomena? Uvriježeno je mišljenje da se modele deducira iz teorije ili da su modeli već dio teorije, a modeli prema fenomenima imaju formalni odnos reprezentacije. Filozofija znanosti N. Cartwright pokazuje da su ovi odgovori pojednostavljeni. Oni zanemaruju kompleksnu praksu konstruiranja i upotrebe modela. Analiza statičnog modela ne daje nam dovoljno razumijevanja stvarne prakse znanosti. Teza rada je da je Cartwright u pravu. Ona implicitno podržava skretanje naglaska filozofije znanosti s pojma modela kao entiteta koji ima formalni odnos i s teorijom i s fenomenom na pojam prakse modeliranja. U radu se pokazuje zašto je takav naglasak bolji, tj. zašto je pojam modeliranja bolja „jedinica analize“ i od pojma modela i od pojma teorije. Doprinos rada ovoj temi je eksplicitno stavljanje naglaska na modeliranje. Fokusiranje na praksu modeliranja konceptualno pomaže da se analizira znanstvena praksa. Metoda istraživanja je pojmovna analiza potpomognuta povijesnim istraživanjem i konkretnim primjerima iz znanosti. U povijesnom uvodu (prva dva poglavlja) se uvodi pojam modela, pojam se razvija i stabilizira kako bi mogao poslužiti za daljnja istraživanja o ulozi teorija i modela u znanosti, o odnosu teorija i modela te o vrstama odnosa modela i svijeta. U trećem poglavlju se tvrdi da Cartwright potvrđuje tezu s barem tri argumenta. Njezin najvažniji argument je da se modele ne deducira iz teorije. Oni su često nekonzistentni s teorijom, pa postaje filozofski zanimljivo kako modeli nastaju. U četvrtom poglavlju se navodi niz argumenata koji također potvrđuju tezu.

Ključne riječi: znanstveni model, znanstveno modeliranje, Cartwright, znanstvena teorija, reprezentacija, analogija, razumijevanje, znanstvena praksa.

ABSTRACT

This paper examines the usefulness of the term modelling in philosophy of science, and even suggests that this term be put in the very centre of philosophy of science.

Philosophy of science was for a long time burdened with the ideal of formal reconstruction of science, or the endeavour to represent science according to the model of logic and mathematics, discarding anything that would not offer itself to such representation as subject for history and sociology of science. The dominant philosophy of science had decided to deal only in normative projects based on rational reconstructions of scientific products, such as theories. Problems with such an approach had soon emerged, however. Among others, theory had been defined as a linguistic entity, a set of propositions. In the beginning, such a choice had seemed appropriate – science strives for an accurate description of the world, and only propositions can be true or false. But, if theory is a linguistic entity, then it would become a different theory when translated, and that would contradict our intuition of real scientific theories. It is because of problems such as this one that a question was posed: if theories are not linguistic entities, what are they? One possible answer was that theory is an abstract structure, what mathematicians call a model. And if both mathematicians and scientists speak of models, one might suspect that they speak of the same models. This was the first school of philosophy of science which started to deal more seriously with scientific models. We can call this school a semantic view of theories, according to which theories are sets of models.

The second school of philosophy of science had started from the Kuhnian emphasis on scientific practice. Members of this school had wondered what scientists spoke of when they spoke of models. A naturalistic argument in favour of models says that we can describe real science better with the help of models than with theories.

Both schools had started speaking of models, but from different standpoints. The first school followed on formalistic approaches, whereas the second followed new trends in the history of science and sociology of science. The two schools are opposed and exclusive, although they both study different aspects of models: formative, or normative aspects on the one hand, and practical aspects, or aspects of real science on the other. The normative approach gives instructions as to how science should be, and the descriptive approach

describes science as it is. Together, these approaches provide for better understanding of models, which in turn allows us to better understand science.

Although the philosophers of science have already accepted the model as the most fitting unit for the analysis of science, models are still often regarded in a similar way as theories. Theory is seen as an entity that is analysed, and this approach is transferred onto models, which are then also seen as entities that help us better understand science. It is because of such approach and the similar way of processing that the concept of model is still so closely tied to the concept of theory.

Should we accept only the approach according to which models are abstract structures which philosophy of science can then study using its logical formal apparatus, we will get a distorted image of science. Such an approach is fruitless, or even trivial. We do not get the true image of science because the process, or the practice of modelling contains elements or assumptions that drive the notion of model as an entity or a structure into the back seat. For example, in the biology of model organisms, a model organism is not a model, it is an instrument for modelling. Within the approach of the biology of model organisms the instrument is more important than the model. We cannot fully understand contemporary biology of model organisms, a dominant form of research in biology at the moment, if we focus on models as entities. Instead, we should focus more on assumptions and elements of modelling, most important of which in this case is the instrument, or model organism. Today we encounter similar problems increasingly in other sciences as well, even in physics. There is a number of examples showing instruments drive new scientific paradigms. Instruments, not theories, started entire directions in science. A well-known example is the invention of the x-ray tube, which was a practical invention, not a theoretical discovery. Another example is the invention of ultracentrifuge, which started, without theory, a whole new direction of study in genetics. We do not have large covering theories in biology in general, primarily because we do not have such strict laws, because evolution is contingent. It is the same in psychology, cognitive science, economy, and many other contemporary sciences that are becoming paradigmatic sciences, as physics used to be. Decreasing dependence of scientific research on theories leaves us with questions on what is the model itself, and how can the model, without its theory, provide knowledge and understanding. It can do it only within the context of the complex practice of constructing of the model and manipulation with it – modelling.

It is apparent from the name itself that the first school, the “semantic view of theories” deals in theories: theories are comprised of models, that is, they are sets of models. The

second school takes on a more liberal approach to models and studies them as if they were autonomous. However, if the models are partly autonomous from theory, it becomes interesting how models are made. That is the subject of this dissertation.

Some questions follow from this introduction: How does science give us knowledge of the world? Do the theories describe the world, or do models? How do models give us knowledge? Models are not alike any part or aspect of the world. In fact, models often intentionally misrepresent the world. How is it then that from a faulty description of the world we can gain knowledge of it? The secret may lie in how models are made. It is a common assumption that models are made from the theory, or that they are only a part of the theory. Does the semantic view of theories represent science well? How can the theory itself create models? What is the relationship between the model and the world? It is said that models represent the world. How do they accomplish that? What is representation?

The thesis of this paper is that neither the semantic view, nor the preceding syntactic view represent real science well enough. There is a term which is a better unit of analysis than the model, and that is modelling. Modelling is important, which is why the semantic view was wrong. Should we focus on the practice of modelling itself, and not just on models as entities similar to theories, we will better understand science. It is the practice of modelling itself that should be the centre of philosophy of science. In this paper I will provide more arguments for the thesis, most important of which were introduced by Nancy Cartwright. Firstly, through the idea of preparing the description, and later, even more clearly and strongly through the idea of toolbox of science. The second thesis is that N. Cartwright is the first philosopher of modelling. Cartwright in fact implicitly advocates the philosophy of modelling. It is a new kind of philosophy of science. Cartwright insists that modelling is difficult work, and the difficulties themselves are epistemically fruitful and give justification to models.

Some of the major topics under which Nancy Cartwright provides arguments which can be interpreted as arguing in favour of modelling can be summarized as such: 1. Philosophers of science are starting to focus on processes of production and utilisation of models much too late, after a lot of the scientific work had already been done. 2. Construction of models is a difficult task which includes many decisions, implicit knowledge and skills. All these are “elements”, or “tools” of modelling. 3. Theory is only one of the tools for constructing models, and not a “vending machine” out of which ready models fall out. 4. Models are often constructed in such a way that it is difficult to use them if we do not know why they are constructed precisely in such a way.

Cartwright rejects the philosophy of science that ignores the work involved in relating phenomena, models, and theories. We align theory and the world through the process of simultaneously building the model, and building the system it models. The models are the centre point at which the processes get aligned. It is hard to learn from models except by modelling, experimenting on them.

The research method is conceptual analysis supported by the research in history of philosophy of science, and by the research of concrete examples from science.

The introduction explicates the thesis concerning the importance of modelling, and the plan of research. The first part supplies an overview of standpoints before the emphasis on models. The second part explains the viewpoints that put emphasis on models over theories. The third, central part analyses the standpoint of N. Cartwright concerning her various model and modelling concepts. The fourth part presents some other arguments in favour of the thesis. In the conclusion the thesis on the importance of scientific modelling is presented as justified.

The result of research are these arguments which converge at the conclusion that philosophy of science must focus on the practice of modelling: 1. Theory does not apply directly to data. They need to be prepared for the theory. 2. Models are not deduced from theory. It raises a question: how are models then created? 3. The assumptions which are introduced into non-Galilean models, which is most contemporary science models, need to be known in order for the models to be usable in actual situations. 4. Models often represent the real world, but representation is not a substantive relationship between the model and the world. It is part of the practice of modelling. 5. The goal of science is understanding of the world, and we do not get understanding from the model itself, but from modelling. Understanding is the ability to model. 6. Modelling contains certain values, for example cognitive values that influence the usage of the model. 7. In modelling, choices are made about trade-offs, for example between precision and explanatoriness, or understanding. Trade-offs affect the usage of the model. 8. Modelling utilises templates, e.g. mathematical. The selection of templates can assist in classifying models in a different way, one that is epistemically fruitful. 9. Modelling introduces various elements into the model. When the set of ingredients contains empirical elements, then justification is built-in. This allows for a certain type of realism, the realism of modelling.

The first three arguments in favour of the thesis were put forward by N. Cartwright. These are also the most important arguments. That is why I consider N. Cartwright as the founder of a new branch of philosophy of science, and that is the philosophy of modelling. Her philosophy of models and modelling provides us with a frame within which we can further explore this important part of the scientific practice. All the other arguments in favour of focusing on modelling get a new meaning within that frame. This dissertation contributes to this subject by explicitly putting an emphasis on modelling.

In this paper I provide arguments for my assumption that philosophers of scientific practice are right when they emphasise the importance of focusing on modelling, because such an approach allows us more possibilities to pursue true science. When I speak of true science, I do not mean only simple examples from physics of the eighteenth and the nineteenth centuries. I mean also contemporary examples from biology and economy, within which it suddenly becomes important what we bring into the models during modelling. The elements and assumptions of modelling are put forward, and the model itself, as an entity or a structure, is pushed to the back seat. Some of these elements are implicit knowledge, skills, instruments, various assumptions and goals, or purposes, reasons for modelling. One of the elements are trade-offs, or decisions whether we wish a model to better and more precisely describe the phenomena, or do we wish the model to explain better, because precision and explanation cannot be accomplished at the same time. Another important element are templates, or the way in which different models relate to different templates. Here we have an alternative way of classifying models, as opposed to classification of models according to their respective theories, or their respective scientific domains. It is noted that there are propinquities between models in accordance with the templates they use.

If the thesis is that the concept of modelling be put in the centre of philosophy of science, it is clear what the suggestions for further research are. In the “classical” theories of models the usage of models remains ambiguous. On the one hand, the conceptual shift allows us to view many problems in philosophy of science from a different perspective. On the other, we need to continue analysing the actual scientific practice, using the case studies. The collected knowledge and understanding will need to be systemised.

Keywords: scientific model, scientific modelling, Cartwright, scientific theory, representation, analogy, understanding, scientific practice.

KAZALO SADRŽAJA

UVOD	1
1. STAJALIŠTA O MODELIMA PRIJE PREMJEŠTANJA TEŽIŠTA FILOZOFIJE ZNANOSTI S TEORIJA NA MODELE	6
1.1. Modeli etera: J. C. Maxwell	7
1.2. Posljedice modela reprezentiraju posljedice fenomena: H. Hertz	8
1.3. Modeli su slike: L. Boltzmann	9
1.4. Protiv modela: P. Duhem	11
1.5. Logički pozitivisti/empiristi	13
1.5.1. Još jednom protiv modela: R. Carnap	13
1.5.2. Racionalnost: C. G. Hempel.....	15
1.5.3. Teorije protiv modela: R. B. Braithwaite	21
2. STAJALIŠTA PREMA KOJIMA MODELI ZAUZIMAJU SREDIŠNJE MJESTO U FILOZOFIJI ZNANOSTI	24
2.1. Obnovljeni interes za modele u filozofiji znanosti	24
2.2. Metafora: M. Black	31
2.3. Analogija: M. Hesse	34
2.4. P. Suppes, B. van Fraassen i semantičari	46
2.4.1. Semantički pogled na teorije: P. Suppes	47
2.4.2. Spasiti fenomene: B. van Fraassen	51
2.4.3. Drugi semantičari (F. Suppe, N. Da Costa, S. French)	56
2.4.3.1. Struktura znanstvenih teorija: F. Suppe	56
2.4.3.2. Djelomični izomorfizam: N. da Costa i S. French.....	58
2.5. Protiv semantičara: P. Achinstein	62
2.6. Iracionalnost znanosti: Thomas Kuhn, Ian Hacking i Stanfordska škola	64
2.6.1. Protiv formalizacije znanosti: T. Kuhn	64

2.6.2. Reprezentiranje i interveniranje jesu model i modeliranje: I. Hacking i Stanfordska škola	65
2.6.3. Realizam teorijskih entiteta i modeliranje	67
3. MODELI I MODELIRANJE U FILOZOFIJI ZNANOSTI NANCY CARTWRIGHT	69
3.1. Prva faza razvoja ideja o modelima i modeliranju: <i>How the Laws of Physics Lie</i>	69
3.2. „Kutija za alat znanosti“	74
3.3. Kako nam basne i prispodobe pomažu razumjeti upotrebu modela	91
3.3.1. Problem nerealističnih pretpostavki: „presputanost“	93
4. FILOZOFIJA ZNANSTVENOG MODELIRANJA: NEKI ARGUMENTI U PRILOG NAGLASKU NA MODELIRANJU	98
4.1. Modeliranje molekula: studija slučaja	98
4.1.1. Uloga modela u znanstvenom objašnjenju	99
4.1.2. Modeli i kinetička teorija topline	100
4.1.3. Pragmatična dimenzija modeliranja: alati, vještine i obveze	103
4.2. Kako modeli reprezentiraju svijet.....	107
4.2.1. Denotacija, demonstracija i interpretacija: R. I. G. Hughes	107
4.2.2. Inferencijalnost modela: Maurizio Suárez	111
4.2.3. „Tri teška pitanja“: Roman Frigg	114
4.3. Znanstveno razumijevanje.....	118
4.4. Uloga normi i vrijednosti u modeliranju	122
4.4.1. Modeli i postupci skupljanja podataka	123
4.4.2. Konkretni modeli i PPP iskazi.....	124
4.4.3. Apstraktni pojmovi, konkretni modeli	125
4.4.4. Što vodi proces konkretizacije: Uloga sudova relevantnosti u društvenim znanostima.....	127
4.4.5. Uloga sudova relevantnosti u prirodnim znanostima	127
4.4.6. Relevantnost vs. pluralnost i idealizacija	128

4.4.7. Relevantnost i idealizacija.....	128
4.4.8. Opća vs. lokalna relevantnost.....	130
4.4.9. Normativni karakter relevantnosti.....	131
4.5. Modelski organizmi kao paradigma modeliranja.....	131
4.6. Razmjene u modeliranju.....	134
4.7. Predlošci kao elementi modeliranja	135
4.8. Ugrađeno opravdanje	139
4.9. Protiv teorija: Filozofija znanstvene prakse	142
4.9.1. Filozofija znanosti u praksi	144
ZAKLJUČAK.....	147
POPIS LITERATURE.....	153
ŽIVOTOPIS S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA	163

UVOD

Ovaj rad istražuje korisnost pojma modeliranja u filozofiji znanosti pa čak i predlaže da se taj pojam stavi u samo središte filozofije znanosti.

Filozofija znanosti dugo je bila opterećena idealom formalne rekonstrukcije znanosti, odnosno težnjom da se znanost prikaže po uzoru na logiku i matematiku, odbacujući sve ono što se ne može tako prikazati kao predmet povijesti i sociologije znanosti. Dominantna filozofija znanosti odlučila se baviti samo normativnim projektima zasnovanim na racionalnim rekonstrukcijama proizvoda znanosti, kao što su teorije. Uskoro su uočeni problemi u takvom pristupu. Između ostalog, teorija je bila definirana kao jezični entitet, skup propozicija. Na početku se takav izbor činio prikladnim – znanost teži istinitom opisu svijeta, a samo propozicije mogu biti istinite ili neistinite. No, ako je teorija jezični entitet, onda ona prevodenjem na drugi jezik postaje druga teorija, a to proturječi intuiciji o stvarnim znanstvenim teorijama. Zbog takvih i drugih problema postavljeno je pitanje: ako teorije nisu jezični entiteti, što su onda? Jedan je odgovor da su teorije apstraktne strukture, ono što matematičari zovu modelom. Pretpostavljeno je da ako i matematičari i znanstvenici govore o modelima, možda se radi o istim modelima. To je bila prva struja filozofije znanosti koja se počela ozbiljnije baviti znanstvenim modelima, a možemo je nazvati semantičkim pogledom na teorije, prema kojem su teorije skupovi modela.

Druga je struja filozofije znanosti pošla od kuhnovskog naglaska na znanstvenoj praksi. Pripadnici te struje pitali su se o čemu znanstvenici govore kada govore o modelima. Naturalistički argument u prilog modelima kaže da se uz pomoć pojma modela može bolje opisati stvarna znanost nego uz pomoć pojma teorije.

Obje su struje počele govoriti o modelima, ali iz različitih pozicija. Prva se škola nastavljala na formalističke pristupe, a druga na trendove koji su započeti u povijesti znanosti i sociologiji znanosti. Te su dvije škole suprotstavljene i isključive, iako gledaju različite aspekte modela: formalne, normativne aspekte s jedne strane i praktičke aspekte, aspekte stvarne znanosti s druge. Normativni pristup daje upute za to kakva bi znanost trebala biti, a deskriptivni opisuje kakva znanost zaista jest. Oba su pristupa u filozofiji legitimna te bi mogli biti komplementarni. Zajedno, ovi pristupi daju bolje razumijevanje modela, a bolje razumijevanje modela i modeliranja omogućuje nam da bolje razumijemo znanost.

Iako su filozofi znanosti uglavnom već prihvatili model kao najpogodniju jedinicu analize znanosti, modele se često još uvijek promatra na sličan način na koji se promatralo teorije. Teoriju se doživljava kao entitet koji se analizira i taj se pristup preslikava na modele, koje se onda također shvaća kao entitete koji nam pomažu da bolje razumijemo znanost. Zbog takvog je pristupa i sličnog načina obrađivanja pojam modela još uvijek jako vezan uz pojam teorije.

Ako bismo prihvatili samo pristup prema kojemu su modeli apstraktne strukture kojima se može baviti filozofija s pomoću svog logičnog formalnog aparata, onda ne bismo dobili pravu sliku znanosti, jer proces ili praksa modeliranja sadrži elemente ili pretpostavke koji sam pojam modela kao strukture ili entiteta guraju u drugi plan. Na primjer, u biologiji modelskih organizama, modelski organizam nije model, on je instrument za modeliranje. U pristupu biologije modelskih organizama instrument je važniji od modela. Suvremenu biologiju modelskih organizama, danas dominantan oblik istraživanja u biologiji, ne možemo dobro shvatiti ako se fokusiramo na modele kao entitete, nego se treba više fokusirati na pretpostavke i elemente modeliranja, od kojih je u ovom slučaju najvažniji instrument, odnosno modelski organizam. Slične probleme danas vidimo sve više i u drugim znanostima pa čak i u fizici. Postoji niz primjera u kojima baš instrumenti pokreću nove znanstvene paradigme. Instrumenti, a ne teorije, pokrenuli su cijele smjerove u znanosti. Poznat je primjer izum rendgenske cijevi, koje nije teorijsko, nego praktično otkriće. Drugi je primjer izum ultracentrifuge, koji je, bez teorije, pokrenuo čitav smjer istraživanja stanične biologije. Također, brzo sekvenciranje DNK omogućilo je cijeli novi smjer u genetici. U biologiji općenito nema velikih krovnih teorija, prije svega zato što nema tako čvrstih zakona jer je evolucija kontingentna. Slično je i u psihologiji, kognitivnoj znanosti, ekonomiji i mnogim drugim suvremenim znanostima koje postaju paradigmatičke znanosti kao što je to nekoć bila fizika. Sve manja ovisnost znanstvenog istraživanja o teorijama ostavlja pitanja, što je „sami“ model i kako nam sami model - bez svoje teorije - može dati znanje i razumijevanje? U radu ću nastojati pokazati da on to može samo unutar konteksta kompleksne prakse konstruiranja modela i manipuliranja njime - modeliranja.

Već se iz imena „semantički pogled na teorije“ vidi da se prva struja bavi teorijama: teorije su skupovi modela. Ova struja još uvijek dominira u filozofiji znanosti. Drugi pristup pak slobodnije gleda same modele i proučava ih kao da su autonomni. No, ako su modeli dijelom autonomni od teorije, onda postaje zanimljivo kako modeli nastaju. To je tema ovog rada.

Ovako postavljena tema nameće neka pitanja. Kako nam znanost daje znanje o svijetu? Opisuju li teorije svijet ili to rade modeli? Kako nam modeli daju znanje? Modeli nisu slični nekom dijelu ili aspektu svijeta. Ustvari, modeli često namjerno pogrešno opisuju svijet. Kako onda iz pogrešnog opisa svijeta možemo dobiti znanje o svijetu? Možda je tajna u tome kako modeli nastaju. Uvriježena je pretpostavka da modeli nastaju iz teorije ili da su samo dio teorije. Predstavlja li semantički pogled na teorije dobro znanost? Kako sama teorija može stvoriti modele? Drugo, koji je odnos modela i svijeta? Kaže se da modeli reprezentiraju svijet. Kako to postižu? Što je reprezentacija?

Teza rada je da ni semantički pogled, kao ni pogled prije njega, kojeg nazovimo sintaktičkim, ne predstavljaju dobro stvarnu znanost. Postoji pojam koji je bolja jedinica analize od pojma modela, a to je pojam modeliranja. Modeliranje je važno i zato je semantički pogled u krivu. Ako se fokusira na samu praksu modeliranja, a ne samo na modele kao entitete slične teorijama, onda se bolje razumije znanost. Upravo sâm pojam prakse modeliranja trebalo bi staviti u središte filozofije znanosti. U radu ću dati više argumenata za tezu, a najvažnije je argumente iznijela N. Cartwright. Prvo, idejom pripremanja opisa, a onda još jasnije i snažnije idejom kutije za alat znanosti. Sljedeća je teza da je N. Cartwright prvi filozof modeliranja. Cartwright zapravo implicitno zastupa filozofiju modeliranja. To je nova vrsta filozofije znanosti. Cartwright inzistira da je modeliranje teško, a same teškoće epistemčki su plodne i daju modelima opravdanje.

Nekoliko glavnih tema unutar kojih Cartwright navodi argumente koje se može tumačiti kao da govore u prilog važnosti modeliranja može se sažeti ovako: 1. Filozofi znanosti počinju gledati procese izrade i korištenja modela kasno, kad je već mnogo znanstvenog posla obavljeno. 2. Konstruiranje modela težak je posao koji uključuje mnoge odluke, prešutna znanja i vještine. Sve su to „elementi“ ili „alati“ modeliranja. 3. Teorija je samo jedan od alata za konstruiranje modela, a nije „prodajni automat“ iz kojeg izlaze gotovi modeli. 4. Modeli su često tako konstruirani da ih je teško upotrebljavati ako se ne zna zašto su upravo tako konstruirani.

Cartwright odbacuje filozofiju znanosti koja ignorira rad kojim se dovode u odnos fenomeni, modeli i teorije. Teorija i svijet usklađuju se kroz proces istodobne izgradnje modela i izgradnje sustava kojeg se modelira. Model je središnja točka u kojoj se ti procesi usklađuju. Teško je učiti iz modela osim modeliranjem, „eksperimentiranjem“ na modelu.

Metoda istraživanja sastoji se temeljno u pojmovnom istraživanju (analitička metoda). To istraživanje potpomognuto je povijesnim istraživanjem i konkretnim primjerima iz znanosti. U radu će biti istraženo kako se pojmove modela i modeliranja upotrebljava u novijoj filozofiji znanosti, a napose kod N. Cartwright. Plan istraživanja obuhvaća: istraživanje i prikaz interpretacija modela N. Cartwright i njezinih suvremenika i nasljednika, istraživanje i prikaz pojma modela kod prethodnika N. Cartwright koji su relevantni za davanje prednosti modelima pred teorijama te istraživanje rane filozofije znanosti s kraja 19. i početka 20. stoljeća.

Rad je podijeljen u četiri poglavlja. Prva su dva poglavlja povijesni dio u kojem se uvodi pojam modela. Pojam se razvija i stabilizira kako bi mogao poslužiti za daljnja istraživanja o ulozi teorija i modela u znanosti, o odnosu teorija i modela te o vrstama odnosa modela i svijeta. Prikaz povijesti razvoja pojma modela može dati kontekst unutar kojeg se tek može shvatiti doprinos Cartwright i tezu rada.

U prvom će poglavlju biti prikazano kako se pojam modela uvodi u znanost i filozofiju znanosti. Razvoj ideje o važnosti znanstvenih modela bio je zaustavljen pojavom logičkog pozitivizma, kasnije logičkog empirizma. U drugom poglavlju bit će prikazano kako znanstveni modeli ponovo postaju zanimljivi filozofima znanosti, a najviše zahvaljujući semantičkom pogledu na teorije. Istodobno se razvija, pod utjecajem T. Kuhna i I. Hackinga, filozofija znanstvene prakse koja postupno utječe na promišljanja o znanstvenim modelima. U trećem poglavlju govori se o filozofiji modela i modeliranja kod N. Cartwright.

U četvrtom poglavlju daje se prikaz novije filozofije modeliranja. Svako je potpoglavlje jedan argument u prilog fokusiranju na samu praksu modeliranja. Izabrani su samo oni primjeri koji jasno govore u prilog tezi. Već njihov izbor pokazuje tezu, oblikuje ju, daje joj kontekst i rječnik.

1. potpoglavlje daje nešto opširniji prikaz studije slučaja koja potvrđuje najvažniju tezu N. Cartwright koja govori u prilog naglasku na praksi modeliranja, a to je teza da se model ne izvodi („deducira“) iz teorije.

2. potpoglavlje posvećeno je znanstvenoj reprezentaciji. Često se navodi da je najvažnija funkcija modela da reprezentiraju stvarnost. Čak ako je to i točno, reprezentacija nije supstantivni odnos, ona je praksa reprezentiranja. Reprezentiranje je modeliranje.

3. potpoglavlje naglašava važnost razumijevanja kao pravog cilja znanosti. Tvrdim da je razumijevanje sposobnost upotrebe modela, tj. sposobnost modeliranja.

4. potpoglavlje govori o važnosti vrijednosti i normi u modeliranju.

5. potpoglavlje pokazuje važnost modeliranja na primjeru modelskih organizama. Kod modeliranja pomoću modelskih organizama reprezentacija je često samo implicitna, a često je niti nema.

6. potpoglavlje ističe važnost razmjena u modeliranju. Najčešće su razmjene između preciznosti modela i njegove eksplanatorne snage. Nemoguće je postići istodobno i jedno i drugo. Razmjene utječu na upotrebu modela, ali to se vidi u modeliranju, a ne u samom modelu.

7. potpoglavlje govori o tome kako upotreba predložaka u modeliranju pokazuje da pojam teorije nije dobra jedinica analize. Bolja jedinica analize je pojam modeliranja.

8. potpoglavlje izlaže kako se u modele ugrađuju razni elementi. Neki sa sobom donose opravdanje.

9. potpoglavlje tvrdi da se filozofija znanosti više ne može baviti teorijama. On se treba baviti znanstvenom praksom.

Općenito, primjeri stavova, mišljenja, pogleda i prikaza koje se navodi u radu izabrani su zato što podržavaju tezu rada. Samim izborom tih pogleda izričem svoj stav da se radi o dobrim argumentima u prilog tezi. To se ne odnosi na povijesni dio koji je uvod u temu o važnosti modela u filozofiji znanosti.

Kao pojmovno istraživanje u filozofiji znanosti ova bi disertacija trebala približiti i pojasniti pojam znanstvenih modela ne samo filozofima znanosti, nego i filozofima općenito. Također bi trebala ukazati na najnovije rezultate suvremene filozofije znanosti, napose u razdoblju od 1983. do danas pod vidikom znanstvenih modela i njima srodnih pojmova. Autor toj raspravi dodaje svoju tezu o modeliranju kao temeljnoj znanstvenoj metodi.

1. STAJALIŠTA O MODELIMA PRIJE PREMJEŠTANJA TEŽIŠTA FILOZOFIJE ZNANOSTI S TEORIJA NA MODELE

Fizika, kao paradigmatska znanost tijekom 19. stoljeća, razvijala se u smjeru sve većeg umnažanja teorijskih entiteta kao npr. „atom”, „elektromagnetski val” i „elektron”. Takav razvoj zahtijevao je novi okvir razumijevanja pojava. Filozofski nastrojani fizičari poput Maxwella i Boltzmann smatraju da u razumijevanju fizičkih fenomena primat imaju znanstveni modeli. Taj prirodni razvoj filozofije znanstvenih modela, koji je očito zahtijevala sama znanost a ne filozofi znanosti, bio je privremeno zaustavljen pojavom logičkog pozitivizma/empirizma (*Bečkog kruga*) koji je smatrao da su teorije pravi predmet filozofije znanosti, a modeli tema psihologije, sociologije i povijesti znanosti.

Da bi se osvijetlilo temu bit će potrebno prikazati stajališta za i protiv modela prije premještanja težišta filozofije znanosti s teorija na modele. Ključna stajališta tog razdoblja u prilog modelima su stajališta: (1.1.) J. C. Maxwella, (1.2.) H. Hertza, i (1.3.) L. Boltzmann. Nasuprot njima, stajališta *protiv* važnosti modela su stajališta: (1.4.) P. Duhema i (1.5.) logičkih pozitivista/empirista.

Autori koji su prethodili filozofiji znanosti logičkog pozitivizma brane modele zato što je njihovo uvođenje u to vrijeme zahtijevala sama znanost. Logički pozitivisti, potaknuti uspjesima matematike i logike, vjerovali su u formalizaciju znanosti i zbog toga su bili protiv modela. Može se reći da je na određeni način filozofija logičkog pozitivizma zaustavila razvoj filozofije znanstvenih modela. To je dakako paradoks jer se smatra da je filozofija logičkog pozitivizma upravo stvorila suvremenu filozofiju znanosti. Nasuprot tome danas središnji pojmovi, problemi i rješenja filozofije znanosti uglavnom nisu središnji pojmovi filozofije logičkog pozitivizma, nego filozofije znanosti koja je toj prethodila. Ipak, filozofija logičkog pozitivizma pomogla je da se uoče pogreške u ranoj filozofiji znanosti i da se suprotstavljanjem logičkom pozitivizmu potakne preciznija i djelotvornija rasprava o modelima.

1.1. Modeli etera: J. C. Maxwell

Ne može se prenaslanjati važnost analogija i modela u razvoju znanosti o elektricitetu. Možda je najznačajniji doprinos tome razvoju dao James Clerk Maxwell. On kaže da znanstvenik „treba pokušati razumjeti predmet pomoću dobro izabranih ilustracija izvedenih iz predmeta s kojima je više upoznat.“ (Maxwell, [1855] 1965:219)

Mehanički modeli su bili toliko važni u razvoju znanosti o elektricitetu da se može postaviti pitanje kako bi se ta znanost bez njih kao i bez pojma etera uopće razvijala. Mehanički modeli, prema Maxwellu, među raznorodnim fenomenima pripremaju veze za matematičku obradu, tj. matematičko modeliranje. Oni pomažu matematičkim modelima tako što otkrivaju analogije. Matematika ne bi mogla govoriti o raznorodnim fenomenima na jednak način da nema mehaničkih analogija.

Henri Poincaré je sumnjičav prema takvom pristupu. Čini mu se da su Maxwellovi modeli neznanstveni. On kaže: „Engleski znanstvenik ne nastoji izgraditi jedno jedinstveno, konačno i dobro organizirano zdanje već se više čini da podiže mnogobrojne privremene i neovisne konstrukcije, među kojima su komunikacije teške i ponekad nemoguće.“ (Poincaré, 1989:157) Zato H. Hertz kaže: „Maxwellova teorija, to su Maxwellove jednadžbe.“ (van Fraassen, 1980:47-48; vidi i Poincaré, 1989:XII. Poglavlje) Poincaré ipak dopušta da modeli imaju heurističku ulogu: „Malo nam je važno postoji li doista eter; to je stvar metafizičara. Bitno je za nas da se sve zbiva kao da on postoji i da je ta hipoteza pogodna za objašnjenje pojava. Uostalom, imamo li nekoga drugog razloga da vjerujemo u postojanje materijalnih predmeta? I tu je riječ samo o jednoj pogodnoj hipotezi; samo što ona nikad neće prestati biti pogodna, a nesumnjivo će doći dan kad će eter biti odbačen kao nekoristan.“ (Poincaré, 1989:155)

Razvoj fizike je učinio da su modeli ipak postali nezaobilazni. U vrijeme Kirchoffa, Hertza, Poincaréa i Duhema moglo se činiti da se model može zaobići. Nakon toga je fizika odlučno krenula u smjeru koji nije više mogao bez modela. To se još jače pokazuje u drugim znanostima. Sve je išlo na štetu teorija shvaćenih bez modela. Pa čak i protiv teorija uopće. Reklo bi se da je pobijedila Engleska škola. A ipak protivnici te škole započinju ono što zovemo filozofijom znanosti. Filozofija znanosti je dugo htjela, i mislila da može, bez modela.

Često se govori o odnosu Maxwellovih modela etera i njegove teorije. Ti modeli, iako pogrešni u smislu reprezentacije, pokazali su se neophodnima u formuliranju teorije elektromagnetizma. No, ne trebaju nas zanimati zagonetke Maxwellovih modela, nego Maxwellovo modeliranje. Na kraju su modeli odbačeni, ostale su samo jednadžbe. Eter nije *kao da*, eter je alat za modeliranje. (Sam Maxwell nije vjerovao u postojanje etera.) To je primjer, a to ćemo vidjeti kasnije, da naglasak na modeliranju može pomoći kod rješavanja nekih problema s ontologijom modela („modeli su fikcija“), semantikom modela i epistemologijom modela.

1.2. Posljedice modela reprezentiraju posljedice fenomena: H. Hertz

H. Hertz drži da je teorija „središnje sredstvo izražavanja fizikalnog uvida“. (Bailer-Jones 2009:85) U jednom pismu iz 1889. kaže da „eksperimenti šapću, dok teorija govori jasno i glasno“. U takvoj slici znanosti ima mjesta i za modele. U djelu *Načela mehanike prikazana u novom obliku* Hertz u uvodu rabi pojam modela. On kaže:

„Najizravniji i na neki način najvažniji problem koji nam naše svjesno znanje prirode omogućuje riješiti jest predviđanje budućih događaja tako da možemo urediti naše sadašnje aktivnosti u skladu s tim predviđanjima. Kao temelj rješenja tog problema mi se uvijek koristimo našim znanjem o događajima koji su se već zbili, a koje smo dobili slučajnim opažanjem ili prethodno isplaniranim eksperimentom. Trudeći se tako da izvedemo zaključke o budućnosti iz prošlosti, uvijek usvajamo sljedeći proces: oblikujemo si slike ili simbole izvanjskih predmeta i oblik koji im pružamo je takav da su nužne posljedice slika u mislima uvijek slike nužnih posljedica u prirodi predočenih stvari. Da bi taj zahtjev mogao biti zadovoljen mora postojati sukladnost prirode i misli. Iskustvo nas poučava da taj uvjet može biti zadovoljen i da takva sukladnost zaista postoji. Kad smo iz nakupljenog prethodnog iskustva jednom uspjeli deducirati slike željene prirode, onda pomoću njih, *kao pomoću modela*, možemo brzo razviti posljedice koje se u izvanjskom svijetu pojavljuju u poredbeno dugom vremenskom razdoblju. [...] Tako je moguće biti ispred činjenica i odlučiti o sadašnjem stanju u skladu s tako dobivenim uvidom. Slike o kojima ovdje govorimo su naše koncepcije stvari. Sa stvarima samima one su sukladne na *jedan* važan način, tj. da zadovoljavaju gore spomenuti zahtjev. Za našu svrhu nije nužno da te slike budu sukladne sa stvarima na bilo koji drugi način. Činjenica je da ne znamo niti imamo ikakvih sredstava znati

jesu li naše koncepcije stvari sukladne sa samim stvarima na bilo koji drugi osim tog *jednog* temeljnog načina.“ (Hertz [1899] 2007:1-2, prvi kurziv dodan)

Problem je kako predvidjeti budući događaj. Jedino što nam je dostupno su prethodna iskustva. Proces korištenja prošlih iskustava je sljedeći: prirodu pretvaramo u sliku prirode, a ta slika omogućuje predviđanje nužnih posljedica u prirodi. Taj proces je moguć jer postoji sukladnost prirode i slike prirode, tj. kako kaže Hertz – modela, a sam proces jest – modeliranje. Ako je cilj znanosti predviđanje, a s druge strane ne možemo zaista znati o sukladnosti prirode i misli ni na koji drugi način nego pomoću modela, onda je model jedini način „brzog razvijanja posljedica“, tj. povezivanja misli i prirode te prirode i misli. Modelirati moramo tako da posljedice modela reprezentiraju posljedice fenomena koji smo modelirali.

Hertz je proveo aksiomatizaciju i, pritom, racionalnu rekonstrukciju Maxwellove teorije. Nakon takve racionalne rekonstrukcije trebalo bi odbaciti modele. Ipak, za aksiomatizaciju je razlog izvjesna praktičnost. Primjer je uspjeh aksiomatske metode u termodinamici, gdje se sve deducira iz dvaju postulata: očuvanja energije i povećanja entropije.

1.3. Modeli su slike: L. Boltzmann

L. Boltzmannu su atomi bili važni zbog njegove kinetičke teorije plinova. On je bio toliko nesretan zbog toga što su svi napadali atomizam (Mach, Ostwald i Duhem) da je smislio kompromisno rješenje: atomi su modeli ili slike („Bilder“). Kod takvog rješenja bi atomisti mogli misliti da su slike realni atomi, a antiatomisti da slike reprezentiraju koristan ali nerealan model. Međutim nijedna skupina nije bila zadovoljna s tim rješenjem. Boltzmann je dakle uveo ideju modela da spasi atomizam. Slika atoma, molekule i sl. kod kojih se radi o oblicima, upravo slikama (Hertz), pogodne su za ideju modela. Zašto su se svi tako opirali ideji atoma? Hertz je naslućivao da u slikovnim modelima ima nešto neznanstveno.

Boltzmann u natuknici „Model“ (u 10. izdanju *Encyclopedia Britannica* iz 1902.), 14 godina prije utemeljenja *Bečkog kruga*, piše:

„Odavno je filozofija razumijevala da bit naših procesa mišljenja leži u činjenici da pojedine fizikalne atribute – naše pojmove – pridružujemo raznim stvarnim predmetima

oko nas, i pomoću njih pokušavamo reprezentirati te predmete. Takve poglede su prije matematičari i fizičari držali ničim drugim doli neplodnim spekulacijama, ali u novije vrijeme dovedeni su, od strane J. C. Maxwella, H. v. Helmholtza, E. Macha, H. Hertza i mnogih drugih, u bliski odnos s cijelim korpusom matematičke i fizikalne teorije. Prema tom pogledu naše misli stoje prema stvarima u istom odnosu kao modeli prema predmetima koje reprezentiraju. Bit procesa je pridruživanje jednog pojma koji ima određen sadržaj svakoj stvari, ali bez impliciranja potpune sličnosti između stvari i misli, jer naravno da malo možemo znati o sličnosti naših misli sa stvarima kojima ih pridružujemo.“ (Boltzmann, 1974:213-4; kurziv dodan)

Očito je da Boltzmann želi naglasiti da je nasljeđe zastupanja modela u filozofiji vrlo staro, zatim, da se matematičari i fizičari nisu, zbog određenih razloga koji ovdje nisu navedeni ali će biti u daljnjem tekstu ovog rada, slagali, tj. razilazili su se s filozofima jer su držali da su to neplodne spekulacije. Međutim, upravo najznačajniji fizičari 19. st. (a danas možemo pribrojiti i samog Boltzmann) pridružili su se onome što su zastupali filozofi, a odustali od prethodnih stajališta svojih kolega. Ključan je sljedeći odnos.

Misli → reprezentacija → Stvari

Modeli → reprezentacija → Predmeti

Kao i kod odnosa modela i predmeta koji reprezentira tako i kod odnosa misli i stvari nije potrebna potpuna sličnost.

Modele Boltzmann eksplicitno povezuje s preglednošću, a to je kod Hertza implicitno. Hertz kaže da nam može pomoći jasnoća – pregled. A prema Boltzmannu „[p]ostoji potreba za potpunom uporabom perceptivnih moći koje posjedujemo te kako nam oko dopušta obuhvatiti činjenice odjednom (zato i kažemo „pregled“), to potiče potrebu za reprezentiranjem rezultata izračunavanja.“ (Boltzmann, 1974:5-6) Hertzov doprinos je (samo) pojam jasnijeg razumijevanja ili pregleda. Tek Boltzmann povezuje preglednost s modelima (i analogijama).

1.4. Protiv modela: P. Duhem

Prvi protivnik naglaska na modelima u filozofiji znanosti bio je P. Duhem. On postavlja pitanje, što je cilj fizikalne teorije. (Duhem, 1954:7) Dotad ponuđene brojne odgovore on dijeli na dvije glavne skupine: 1. Fizikalna teorija za svoj predmet ima *objašnjenje* grupe eksperimentalno dokazanih zakona. 2. Fizikalna teorija je apstraktni sustav čija je svrha rezimirati i logički klasificirati skupinu eksperimentalnih zakona bez eksplicitnog objašnjavanja tih zakona.

„Ali prvo, što je objašnjenje? Objasniti (eksplicirati, *explicare*) je svući sa stvarnosti pojave koje ju pokrivaju kao veo, da bismo vidjeli ogoljenu stvarnost samu.“ (Duhem, 1954:7) Srž njegovog razmišljanja o teorijama je da „[f]izikalna teorija nije objašnjenje. Ona je sustav matematičkih propozicija čija svrha je što jednostavnije, što potpunije, i što točnije reprezentirati cijelu grupu eksperimentalnih zakona.“ (Predgovor Louisa de Brogliea u (Duhem, 1954:ix) De Broglie nastavlja da fizikalna teorija nije ništa drugo nego metoda klasifikacije fizičkih fenomena koja nas spašava od utapanja u ekstremnoj kompleksnosti tih fenomena. Duhem je blizak konvencionalizmu (*commodisme*) Poincaréa, a sasvim se slaže s Machom da je fizikalna teorija prije svega *ekonomija mišljenja*. (Duhem, 1954:ix) Za Duhema hipoteze utemeljene na slikama nisu dovoljno čvrste i neprolazne. Samo odnosi algebarske naravi koje teorije uspostavljaju među fenomenima su dovoljno solidni, neporemetljivi. On uvodi strogu (dogmatsku) podjelu između fizike i „metafizike“. Ipak na kraju priznaje da (formalne) analogije upućuju na duboke veze među različitim, raznorodnim fenomenima.

Duhem iznosi neke prigovore modelima. Pa ipak, kao što pokazuje mnoštvo primjera (atomi), Duhem nije bio u pravu. To još 1953. uočava Duhemov tumač de Broglie koji već tada shvaća važnost modela i vidi veće uspjehe „slikovnih“ teoretičara od aksiomatsko-deduktivnih teoretičara. Duhem svoju podjelu na matematičke propozicije i eksperimentalne zakone temelji dobrim dijelom na matematici. Bez toga nema razumijevanja pojma i značenja modela. Kako Duhem misli da može bez modela? Duhemova matematika dijeli s modelima to da nije ni istinita ni neistinita. Matematički aksiomi ili propozicije su fikcije kao što su i modeli. Kad Duhem govori o modelu on misli na mehanički model koji, prema njemu, „slabijim umovima“ olakšava da vizualiziraju znanstveni problem. Prema Duhemu analogija dovodi u odnos dva apstraktna sustava, pa nam onda bolje poznati omogućuje pogoditi oblik drugog, ili jedan pojašnjava drugog.

Duhem oštro odvaja analogiju od (mehaničkih) modela. (Duhem, 1954:95-7) Za njega algebra uspostavlja egzaktnu korespondenciju između dvaju kategorija fenomena, algebra koja je nastala kad smo dvije kategorije fenomena reducirali na apstraktne teorije i onda ih formulirali jednadžbama. Te teorije *ilustriraju* jedna drugu ako su algebarski identične. Duhem smatra da analogija dovodi u vezu dva apstraktna sustava. Analogijom se služimo kao modelom. Duhem kaže da analogija *ilustrira*. Modeli imaju *epistemičku* funkciju da posreduju između teorije i fenomena. Modeli *reprezentiraju* fenomene ili modeli *predočavaju* fenomene (pojave).

Duhem provodi strogu razliku između fizike i metafizike. Koji je odnos između fizike i metafizike? Kako bismo to pojasnili moramo se vratiti Aristotelu te preko Descartesa dospjeti do Duhema. Aristotel u *Meteorologiji* (1, 7, 335a 5-8) piše: „Držimo da je zadovoljavajuće objašnjenje fenomena nedostupnog motrenju dano kad naš prikaz ne uključuje ono što je nemoguće.“ Problem je epistemološki a ne metafizički. Aristotela zanima svijet koji je harmoničan, uređen, skladan (*kozmos* znači *ures*). Ukratko, Aristotel drži da kada imamo fenomen nedostupan osjetilima dostatno je reći što je moguće s obzirom na taj fenomen i tada je taj izriječ ujedno i dovoljan za njegovo objašnjenje. Postoji određeni kontinuitet, blažeg ili snažnijeg antirealizma od Platona i Aristotela, preko Descartesa, do Duhema i van Fraassena. U djelu *Principi filozofije* (4, 204) Descartes piše: „dovoljno je to da ako su uzroci koje sam pripisao takvi da njihovi učinci točno korespondiraju svim fenomenima prirode bez određivanja jesu li stvarno proizvedeni od tih ili nekih drugih uzroka.“ Vidimo da i Aristotel i Descartes zastupaju *spašavanje fenomena* kao i Duhem i van Fraassen. O metafizici Duhem piše: „[P]itanja, postoji li materijalna stvarnost različita od osjetnih pojava i koja je narav te stvarnosti, nemaju svoj izvor u eksperimentalnoj metodi koja je dostupna samo osjetnim pojavama i koja ne može otkriti ništa iza njih. Razrješenje ovih pitanja nadilazi metode koje se rabe u fizici, ono je predmet metafizike. Dakle, ako je cilj fizikalnih teorija objasniti eksperimentalne zakone, onda teorijska fizika nije autonomna znanost, ona je podređena metafizici.“ (Duhem, 1954:10) Fizikalna teorija, ako ne želi biti podređena metafizici, ne može *objasniti* eksperimentalne zakone.

1.5. Logički pozitivisti/empiristi

Osvrnut ćemo se na dva predstavnika logičkog pozitivizma/empirizma, na R. Carnapa i K. G. Hempela, no samo pod vidikom pod kojim su relevantni za našu temu.¹ U 1960-ima je logički empirizam bio jedina anglo-američka filozofija znanosti. Ona je još uvijek osnova suvremenih istraživanja u filozofiji znanosti. Osobni i društveni izvori logičkog empirizma tek se sada istražuju. Glavne tri komponente njegovog intelektualnog nasljeđa su ipak jasne: a) matematički i logički radovi Hilberta, Peana, Fregea i Russella; ti radovi o temeljima matematike bili su uzor za istraživanja znanosti logičkih empirista. b) Humeov klasični empirizam prenesen preko Milla do Russella i Macha; od empirizma dolazi pretpostavka da iskustvo, ili „opažanje“, daje temelj za sve znanstveno znanje. c) Znanost, a to je prvenstveno bila fizika – teorija relativnosti i kvantna mehanika. Najpostojaniji primjeri logičko-empirističke analize stvarne znanosti usredotočeni su na te teorije.

1.5.1. Još jednom protiv modela: R. Carnap

Za logičke pozitiviste model je (potpuna) interpretacija *računa*, jer se tu *formalna semantika* primjenjuje na znanstvene teorije. Model je dakle interpretirani skup iskaza. On je kombinacija računa (skupa neinterpretiranih iskaza ili formula) i njegove interpretacije. To znači: u teoriji se svaka nelogička predikatna konstanta može zamijeniti predikatnom varijablom. To je onda račun te teorije. Ako se zatim svaka varijabla supstituira (*interpretira*) predikatnom, onda je to model tog računa, a posredno i model same teorije.

Carnap izlaganje o teorijama počinje s podjelom zakona na empirijske i teorijske. Empirijski se odnose na *opažljivo*. (Carnap, [1966] 1995) Termini teorijskih zakona se ne odnose na opažljivo. Teorijski zakoni, prema Carnapu, nastaju iz hipoteza. Hipotezom se pretpostavljaju neki empirijski zakoni koji se onda verificiraju. Tada je hipoteza motor teorije, hipoteza modelira.

F. Suppeu se čini da Carnapova i Hempelova analiza stremi *eksplikaciji* pojma znanstvene teorije. (Suppe, 1977:57) A prema Carnapu je zadaća eksplikacije „transformiranje zadanog neegzaktnog pojma u egzaktni. [...] Prvi je *eksplikandum*, a drugi

¹ Za pregled filozofije Bečkog kruga vidi Berčić, 2002.

eksplikatum. [...] Eksplikatum mora biti dan eksplicitnim pravilima za svoju upotrebu, npr. definicijom.“ (Carnap, 1950:3)

Carnap priznaje da „eksplikatum često odstupa od eksplikanduma ali ipak na neki način zauzima njegovo mjesto“. (Carnap, [1966] 1995:259; usp. Suppe, 1977:57) To je zato, nastavlja Suppe, što je eksplikandum tako neodređen da ne znamo imaju li eksplikandum i eksplikatum istu denotaciju. (Suppe, 1977:59) Predviđanje novih, još neopaženih, činjenica možda otvara probleme. Carnap tvrdi da ista logika (dedukcija) vrijedi i za objašnjenje i za predviđanje, samo je različita *situacija znanja*. Ono što objašnjava, to i predviđa, i obrnuto. Ako predviđa, mora i objašnjavati. Predvidjeti tu znači deducirati ono što je još (ne samo vremenski) neopažljivo, a može postati opažljivo. Carnap piše: „Povremeno postoji napast shvaćanja da skup pravila predstavlja sredstvo za definiranje teorijskih termina dok je doista istinito upravo suprotno. Teorijski termin ne može nikada biti eksplicitno definiran na temelju opažljivih termina, iako ponekad opažljivo može biti definirano pomoću teorijskih termina. Naprimjer, željezo može biti definirano kao supstancija koja se sastoji od malih kristalnih dijelova od kojih svaki sadrži određen raspored atoma a svaki atom je konfiguracija čestica određenog tipa. U teorijskim terminima moguće je izraziti koje je značenje opservacijskog termina željezo, ali obrnuto nije istinito. Nema odgovora na pitanje što je točno elektron. [...] Definicije koje se po naravi stvari ne može pružiti ne treba niti zahtijevati. [...] Fizičar može opisati ponašanje elektrona samo iskazujući teorijske zakone, a ti zakoni sadrže samo teorijske termine. Oni opisuju polje proizvedeno elektronom, reakciju elektrona u polju, itd. [...] Nema načina da se teorijski koncept definira u terminima opserviranog.“ (Carnap, [1966] 1995:234-5)

Carnap uviđa problem povezivanja termina teorije i opservacijskih termina. Pravila koja povezuju te dvije vrste termina naziva korespondencijskim pravilima: Ponekad ih naziva i veznim načelima te prihvaća analogiju s rječnikom. Problem je u tome što to nisu definicije, jer ih takav rječnik ne pruža. To bi bilo kao da kažemo *cheval* znači *konj*, a *konj* nije definicija riječi *cheval* iako znače isto.

Sintaktički pogled na teorije, koji je integralni dio logičko-pozitivističke slike znanosti, konstruira teoriju kao skup rečenica u aksiomatiziranom sustavu logike prvog reda. Unutar takvog pristupa termin „model“ se upotrebljava u širem i u užem smislu. U širem smislu, model je samo sustav semantičkih pravila koja interpretiraju apstraktni račun, pa proučavati modele znači istraživati semantiku znanstvenog jezika. U užem smislu, model je alternativna interpretacija nekog računa. Ako naprimjer uzmemo matematiku korištenu u

kinetičkoj teoriji plinova pa reinterpretiramo termine računa tako da se odnose na biljarske kugle, biljarske kugle su model kinetičke teorije plinova. Predlagači sintaktičkog pogleda, u koje se ubraja Carnap, vjeruju da su takvi modeli nevažni za znanost. Modeli, drže oni, su suvišni dodaci koji, u najboljem slučaju, imaju pedagošku, estetsku ili psihološku vrijednost. (Carnap, 1939)

1.5.2. Racionalnost: C. G. Hempel

Iste godine kada izlazi Carnapov uvod u filozofiju znanosti, C. G. Hempel objavljuje *Philosophy of Natural Science* (Hempel, 1966), kratki uvod u filozofiju prirodnih znanosti. On je ovdje zanimljiv zbog artikuliranoga protivljenja modelima i analogijama kao važnoj temi filozofije znanosti. Može ga se uzeti kao prototip logičkog empirizma, pa je onda njegov opis znanosti kanonski opis logičkog empirizma.

Hempel vjeruje da može bez pojma modela, dovoljni su mu pojmovi hipoteze i teorije. Danas se ipak čini da pojam hipoteze bez pojma modela ostaje mutan. Naime, otkud hipoteze? Hempel to ne smatra važnim jer to prema njegovu mišljenju pripada kontekstu otkrića, koje nije predmet filozofije, nego psihologije i sociologije. U članku „O 'standardnoj koncepciji' znanstvenih teorija“ on piše: „Postoji općenita suglasnost da su teorije ključ za znanstveno razumijevanje empirijskih fenomena: tvrditi da postoji znanstveno razumijevanje određene vrste fenomena svodi se na isto kao da se kaže da znanost može pružiti njezino zadovoljavajuće teorijsko objašnjenje.“ (Sesardić (ur.), 1985:200 i Lelas i Vukelja (ur.), 1996)

Zanimljivo je kako Hempel na ovom mjestu eksplicitno dovodi u vezu pojmove objašnjenja i razumijevanja. Konkretno, znanstveno razumijevanje svodi na znanstveno objašnjenje. Dvije stvari valja naglasiti. Kao prvo, Hempel je svjestan važnosti razumijevanja u znanosti; a drugo je to da se ono što je najznačajnije u znanosti može reducirati na objašnjenje.

Hempel strogo od ostalih modela odvajava analogijske modele, o kojima misli slično kao Duhem o mehaničkim modelima. (Hempel, 1977:251-2) Ne-analogijski modeli nisu *kao da* modeli, npr. Bohrov model atoma, genska teorija i kinetička teorija plinova. (Hempel, 1977:252) Zašto tu Hempel prihvaća modele kad je riječ o teorijama? Zato što u kinetičkoj teoriji plinova molekule zaista *jure*, DNK zaista ima takvu strukturu, a ne *kao da*. (usp. Spector, 1965) „Čini mi se da je specifikacija modela u tom smislu posebno važan slučaj upotrebe prethodnih [predteorijskih] termina u formulaciji teorije.“ (Hempel, 1977:252) Ono

što se ovdje tvrdi slično je Carnapovu mišljenju. Naime, model je ovdje nešto što je nejasno i prethodi teoriji kao što kod Carnapa poredbeni pojmovi prethode kvantitativnim pojmovima u njegovoj trodjelnoj raspodjeli znanstvenih pojmova na klasifikacijske, poredbene i kvantitativne. (Carnap, [1966] 1995:51-3) Podrobnije govoreći, i za teoriju i za model je potreban predteorijski vokabular. Teorija onda ima teorijski scenarij, tj. *sintaksu*. (Hempel, 1977:244) Teorijski termini trebaju *karakterizirati teorijski scenarij*. Hempel odbacuje mogućnost da bi postulati formalizirane teorije bili implicitne definicije *primitivnih termina*, jer bi tako, „sve znanstvene teorije bile istinite *a priori*.“ (Hempel, 1977:248) Teorija implicira definiciju ili značenje teorijskih termina, ali ne i „predteorijskih termina“, koji i tako nisu dio formalizacije.

Hempel drži da je dopuštena sloboda u predlaganju hipoteza i teorija ali jednom kada su prihvaćene njihovu analizu treba provoditi strogo. (Hempel, 1966:16) Hipoteze nastaju na sve dopuštene načine – i to se zove heuristika. „Kontekst otkrića“ previše je kaotičan da bi se filozofija mogla njime ozbiljno baviti. I zato je dobro učinio Reichenbach, smatra Hempel, što je taj kontekst odvojio od „konteksta opravdanja“.

O kontekstima otkrića i opravdanja Reichenbach govori u *Experience and Prediction*. (Reichenbach, 1938: §1 i §42) Na kontekst opravdanja se može primijeniti formalna analiza. No, na postojanje nešto što bi se moglo nazvati „logikom otkrića“. Slično misli i K. Popper. (usp. Shapere, 2000:416) N. R. Hanson je predložio „logiku otkrića“ temeljenu na Peirceovoj abdukciji. (Hanson, 1958) Shapere se ne slaže da je to „logika“. Kako je problem „logike otkrića“ ostao neriješen, a postoji filozofski interes za znanstveno otkriće, filozofi koji smatraju otkriće filozofski relevantnim drže da ono nije stvar logike nego „metodologije“ ili „heuristike“ (Shapere još spominje i *razlog*). Tri su pitanja kojima se prigovara distinkciji otkriće/opravdanje:

- a) Moramo li razlikovati nekoliko faza znanstvene promjene: „priprema“ ili „inkubacija“ prije otkrića, „otkriće“ ili „generiranje hipoteza“, „istraživanje“, „testiranje“, „pojašnjenje“?
- b) Postoji li *razlog*, logika u nekim ili svim fazama, a pogotovo ranijim? Imaju li ranije faze ikakvu „epistemičku težinu“?
- c) Ako *razlog* (logika) postoji, razlikuje li se fundamentalno od onog u fazi testiranja. (Shapere, 2000:416-417)

Reichenbach smatra da kontekst otkrića ne može biti tema epistemologije. On započinje *Experience and Prediction* s „tri zadaće epistemologije“. (Reichenbach, 1938) Prva zadaća je „deskriptivna“. Epistemologija u tom smislu je dio sociologije. Reichenbach priznaje Carnapu autorstvo ideje racionalne rekonstrukcije (*rationale Nachkonstruktion* u *Der logische Aufbau*). Prema tome racionalna rekonstrukcija nije odustajanje od deskriptivne zadaće epistemologije. Racionalna rekonstrukcija još bolje opisuje mišljenje. A veza s empirijom je osigurana „postulatom korespondencije“. (Reichenbach, 1938:6) Reichenbach kaže da se radi o „fiktivnoj konstrukciji“ koja ipak nije arbitrarna. Tek nakon racionalne rekonstrukcije „razumijemo što mislimo“. „To je čak, u nekom smislu, bolje mišljenje od stvarnog mišljenja“. (Reichenbach, 1938:6-7) Racionalna rekonstrukcija korespondira obliku u kojem drugima prenosimo proces svojeg mišljenja, a ne u obliku u kojem se subjektivno izvode. To je razlika konteksta otkrića i konteksta opravdanja. Druga zadaća epistemologije je „kritička“. To je „analiza znanosti“. Treća je „savjetnička zadaća“.

I Carnap i Hempel drže da je verifikacionizam važan. Potvrđivanje je testiranje implikacija. Ali ne bilo kojih implikacija, njih se mora pažljivo izabrati. Testiranje može biti promatranje ili eksperiment. Kako je većina implikacija nezanimljiva, treba znati izabrati one zanimljive. To je možda razlog zašto nema „logike otkrića“, pa je tako važan i velik dio znanstvene prakse isključen iz filozofije znanosti. Možemo se pitati, kakva je to onda filozofija znanosti?

Bavljenje modelima u suvremenoj filozofiji znanosti potaknuto je nečim sličnim traženju „logike otkrića“. Možda bi upravo zamisao modela mogla osvijetliti probleme konteksta otkrića. Često se navode isti ili slični razlozi za odbacivanje modela i odbacivanje konteksta otkrića kao filozofske teme.

Hempelu je sve što služi otkriću hipoteze – heurističko sredstvo. Tako spominje i „heurističke eksperimente“. Kad se u eksperimentu želi fiksirati faktore, onda se fiksira one za koje se pretpostavlja (modelom) da mogu utjecati na rezultat. Hempel priznaje da implikacija za testiranje hipoteze nije samo dedukcija. Potrebne su, u pravilu, i *pomoćne pretpostavke*. U tom slučaju shema za *modus tollens* glasi: Ako su H i A istiniti, onda je I istinit. Ali, (kao što evidencija pokazuje) I nije istinit. Dakle, nisu istovremeno H i A istiniti.

Svaku hipotezu može se spasiti dodatnim *ad hoc* hipotezama i pomoćnim pretpostavkama („spasiti fenomen“). Ali *ad hoc* pretpostavke ne vode novim implikacijama

za testiranje. Pomoćne pretpostavke o kojima govori Hempel često su „prešutne“ ili „implicitne“.

Može se pretpostaviti da je Hempel predstavnik one struje u filozofiji znanosti, struje koja je i osnovala filozofiju znanosti, koja je vrlo *optimistična*, vjerojatno opravdano (zato je filozofija znanosti i nastala), glede nekih aspekata (filozofije) znanosti, pa ih baš zbog toga želi jasno odijeliti od onih aspekata glede kojih joj se čini da nema *nikakvih* razloga za optimizam. Takva stroga podjela onda može djelovati umjetno i ukočeno. Cijela se na primjer Popperova logika znanstvenog otkrića bavi dokazivanjem da nema logike znanstvenog otkrića.²

Kad Hempel kaže da „teorija čini pretpostavke“, nisu li te „pretpostavke“ modeli? (Hempel, 1966:68) Da bi, npr. Grahamov zakon difuzije plinova bio objašnjen teorija mora nešto pokazati, a pokazuje pomoću pretpostavki. Priznaje li Hempel modele implicitno? Čak ni Hempel, zapravo, ne može bez modela. On govori o „pretpostavkama teorije“. „Teorije [...] žele objasniti [...] pravilnosti i, općenito, pribaviti dublje i točnije razumijevanje fenomena u pitanju. Za taj cilj teorija konstruira te fenomene kao manifestacije entiteta i procesa koji leže takoreći iza ili ispod njih.“ (Hempel, 1966:70) Ova formulacija: „... teorija konstruira te fenomene kao manifestacije entiteta i procesa koji leže iza ili ispod njih, *takoreći*“, dopušta da teorije onako kako ih shvaća Hempel uključuju modele, pa bi se tako njegov pogled moglo usporediti s tzv. semantičkim pogledom (vidi kasnije). To „takoreći“ i te metafore „iza ili ispod“ kao da implicitno govore o modelima. A možda bi se tako i „unutrašnje principe“ i vezne principe moglo shvatiti kao modele. Teorije proširuju i produbljuju razumijevanje, ali ne kaže zašto i kako. Da teorije s postuliranim entitetima ili procesima „iza“ fenomena daju bolje, dublje i šire razumijevanje nego empirijski zakoni jest „izvanredna činjenica“. (Hempel, 1966:77) Čini se da Hempelu nedostaje razvijeni pojam modela.

Hempel dalje navodi da postoje različiti radikalni pristupi teorijskim entitetima, oni koji smatraju da postoje samo teorijski entiteti (npr. A. S. Eddington) pa do onih koji misle da su teorijski entiteti ingeniozno smišljene fikcije koje dopuštaju formalno jednostavan i prikladan deskriptivni i prediktivni prikaz opažljivih stvari i događaja. (Hempel, 1966:77) To su realistički i anti-realistički pristup teorijskim entitetima. Međutim, Hempel navodi treću,

² Tu on, između ostalog, kaže da je jednostavnija hipoteza/teorija bolja jer ju je lakše *falsificirati*. Npr. lakše je falsificirati hipotezu da se planeti kreću po kružnici nego da se kreću po elipsi. Za falsifikaciju prve je potrebno izmjeriti četiri točke, a druge šest točaka.

zanimljivu opciju: „Ako predložena teorija treba imati jasno značenje, onda sigurno novi teorijski pojmovi kojima se koristi u njezinoj formulaciji moraju biti jasno i objektivno definirani u smislu pojmova koji su već raspoloživi i razumljivi. Ali u pravilu takve potpune definicije nisu pribavljene uobičajenom formulacijom teorije; i bliže logičko ispitivanje načina na koji su novi teorijski pojmovi povezani s prethodno raspoloživim pojmovima sugerira da takve definicije mogu zaista biti nedostupne. Ali, nastavlja se argument, teoriji izraženoj u smislu tako neadekvatno karakteriziranih pojmova mora nedostajati potpuno određeno značenje: njezini principi, koji navodno govore o određenim teorijskim entitetima i pojavama, nisu, strogo, uopće određene tvrdnje; one nisu ni istinite ni neistinite; u najboljem slučaju one oblikuju prikladan i efikasan simbolički aparat za zaključke o nekim empirijskim fenomenima iz drugih.“ (Hempel, 1966:79) Hempel ovu poziciju smatra „strogom“. Navodi primjere „temperature“ i „mase“ koji ne moraju imati jasnu definiciju da bi bili upotrebljivi na precizan i objektivan način. (Hempel, 1966:79-80) On navodi različite pristupe teorijskim entitetima. Ti pristupi su odraz *fascinacije* činjenicom da teorije bolje objašnjavaju i predviđaju od empirijskih zakona.

Hempel je protivnik Campbellovog shvaćanja uloge analogije u znanosti, a osobito je protiv ideje o važnosti analogije zbog njezina uvođenja poznatosti, ako je u svakoj analogiji riječ o uspoređivanju nepoznatog s poznatim. Nadalje kaže da, naprotiv, znanost zanimaju i poznate stvari. Njemu je ideja analogije ideja „reduciranja na poznato“. (Hempel, 1966:83) Ili njegovim riječima: „Valno-teorijska objašnjenja prethodno utvrđenih optičkih zakona, objašnjenja kinetičke teorije plinova i čak Bohrovi modeli atoma vodika i drugih elemenata – svi uvode neke ideje s kojima smo bliski kroz njihovu upotrebu u opisu i objašnjenju poznatih fenomena kao što su širenje vodenih valova, kretanja i sudaranja bilijarskih kugli, orbitalno kretanje planeta oko Sunca.“ (Hempel, 1966:83) Hempel nastavlja: znanstveno objašnjenje ne teži stvaranju osjećaja poznatosti. „Takvu vrstu osjećaja mogu pobuditi metaforički prikazi koji uopće nemaju eksplanatornu vrijednost“. (Hempel, 1966:83) Teorija relativnosti i kvantna mehanika su primjer suprotnog, da se poznato objašnjava nepoznatim. To je snažan udarac Campbellovu pristupu i zanimljivo će biti čuti kako će M. Hesse, koja je vrlo sklona njegovu pristupu, odgovoriti (vidi 2.3).

Hempel se čudi fenomenu *uspješnosti teorija* ali ga ne proučava. Također, odbacuje modele i analogije. Jesu li te dvije stvari povezane? On kao da ne želi znati zašto su teorije uspješne, to za njega nije pravo pitanje. Ali zašto bi filozofija trebala odustati od toga? To nije

jednaki problem kao „logika otkrića“. Da sažmemo, Hempel se *ne želi* baviti s barem tri stvari: „logikom otkrića“, razlozima uspješnosti teorija i važnošću modela.

Hempelov najjači argument protiv analogije je onaj da je kvantna mehanika „dotukla“ analogiju. (Hempel, 1966:83-4) A jedan od odgovora bi mogao biti da sva znanost nije kao kvantna mehanika. Tu se vidi i veza između analogija i modela. Naime, često se navodi da kvantna mehanika nema predočivih modela kakve nalazimo u klasičnoj znanosti te da je (upravo ili baš) zato filozofija znanosti dugo izbjegavala temu modela. Čini se da je Hempel u krivu. Naime, postoje primjeri da kvantna mehanika *počiva* na analogiji time što *počiva* na modelu jer i u njoj postoje modeli.

Trebalo bi se vratiti na teškoće logičkog pozitivizma i empirizma sa znanstvenim otkrićem i promjenom teorije. Te dvije teme su povezane, a upravo je druga otvorila put modelima.

Hempel dijeli definicije na „eksplicitne“ i na „kontekstualne“. „Analogno, možemo reći da interpretativne rečenice znanstvenoj teoriji obično daju *kontekstualne* interpretacije teorijskih termina“. (Hempel, 1966:99) Možemo shvatiti da su ti „konteksti“ slični modelima. Interpretacija omogućava eksperimentalni test. Za neke teorijske termine samo vrlo posebni i uski konteksti uopće dopuštaju takvu interpretaciju koja bi mogla omogućiti eksperimentalni test. Tako neki teorijski fenomeni nemaju pravu („eksplicitnu“) definiciju, i to je u skladu s onim što kaže Carnap. Teorijski termini imaju *teorijsku definiciju*, ali kakvu *operacionalnu definiciju* ima, npr., „elektron“? To je ono što Hempel zove „parcijalnom interpretacijom“. Već prema definiciji teorijskih termina oni ne mogu imati operacionalna pravila da bi se odredilo je li neki predmet taj i taj određeni teorijski entitet, tj. odnosi li se teorijski termin na neki predmet. U tom smislu moguće su samo kontekstualne interpretacije teorijskih termina: „... koncepcija termina teorije kao individualno interpretiranih ograničenim brojem operacijskih kriterija treba biti odbačena u korist ideje skupa veznih principa koji ne interpretiraju teorijske termine pojedinačno, nego daju neograničenu raznolikost kriterija primjene određivanjem jednako neograničene raznolikosti implikacija za testiranje koje sadrže jedan ili više teorijskih termina.“ (Hempel, 1966:100)

I sakupljanje podataka i njihova analiza i klasifikacija su slijepe bez hipoteza. (Hempel, 1966:13) Moramo se složiti s Hempelom da je to nešto važno. Zato treba istražiti izvore hipoteza, način njihova nastanka. Međutim to nije moguće bez ideje modela. Do hipoteza se, uglavnom, ne može doći nekim pravilima indukcije. Hipoteze obično sadrže

teorijske termine, a indukcija se ne može formalizirati, ili nije dovoljna. Potrebna je *kreativnost*.

Prema Hempelu analogijski modeli „... ništa ne dodaju sadržaju teorije i zato su logički zanemarivi. No čini mi se da se taj sud ne može primijeniti na ono što bi [E.] Nagel nazvao modelima implicitnim u teorijama [...]. Sve one tvrde da ne nude analogije, nego pokušaje opisa stvarne mikrostrukture proučavanih objekata i procesa. [...] [S]pecificacija modela djelomično određuje koje se konzekvence mogu izvesti iz teorije i, prema tome, što teorija može objasniti ili predvidjeti. Još određenije, čini se da je, kad je znanstvena teorija aksiomatizirana, postupak ograničen na matematičke veze koje ta teorija pretpostavlja među kvantitativnim obilježjima scenarija; drugi se teorijski relevantni aspekti scenarija specificiraju pomoću modela.“ (Sesardić (ur.), 1985: 214-216) Hempel se slaže sa W. Sellarsom i navodi citat: „predmetni ili kvazipredmetni karakter teorijskih objekata, njihovi uvjeti identiteta [...] jesu neka od poznatijih kategorijalnih obilježja dobivenih upotrebom modela i analogija“. (Sellars, 1965) Takvi modeli su dio teorije. To teoriju čini manje formalnom/formaliziranom, ali to vrijedi i za pravila korespondencije koja mogu biti prilično labava, kao što primjećuje i Nagel.

Filozof se ne bavi empirijom, tako da nije moguća naturalizirana filozofija znanosti. Hipotezu se odbacuje pomoću *modus tollensa*, tj. ako joj je opservirana implikacija neistinita. No, hipotezu ne potvrđuje istinita implikacija. To je pogreška *afirmacije konzekvensa*. (Hempel, 1966:7) Ona pokazuje nemoć dedukcije u znanosti. Sakupljaju se samo podatci koji (ili opažanja čiji opisi) mogu biti zaključci provizornih hipoteza. Takve hipoteze usmjeravaju znanstveno istraživanje. (Hempel, 1966:12-13) A za takve hipoteze su potrebni modeli.

1.5.3. Teorije protiv modela: R. B. Braithwaite

Model je, prema R. B. Braithwaiteu, interpretacija računa teorije. Između modela i teorije je potreban samo odnos sličnosti formalne strukture. Model je, prema semantičkoj teoriji modela, pak interpretacija neinterpretiranog formalizma.

Braithwaite govori protiv modela u tekstu „Models in the Empirical Sciences“. (Braithwaite, 1962) On precjenjuje mogućnosti razumijevanja apstraktne strukture. Granica između konteksta otkrića i konteksta opravdanja je smekšana, ali nije izbrisana. Modeli su ostali kao *štaka* za one koji ne mogu napraviti *semantički uspon*, tj. potpuno razumjeti neinterpretirani ili djelomično interpretirani račun (logičko-matematički aparat) teorije.

U djelu *Scientific Explanation* Braithwaite na više mjesta nudi korisne napomene o modelima. (Braithwaite, 1953) On nudi ovakvu sliku znanstvene teorije: „Znanstvena teorija je deduktivni sustav u kojem opažljive posljedice logički slijede iz konjunkcije opaženih činjenica i skupa temeljnih hipoteza sustava. [...] Svaki deduktivni sustav se sastoji od skupa propozicija (koje se naziva *inicijalnim propozicijama*) iz kojih sve ostale propozicije (koje se naziva *deduciranim propozicijama*) slijede prema logičkim načelima.“ (Braithwaite, 1953:22) Ovakva definicija znanstvene teorije potpuno je u skladu s definicijama koje su pružili logički pozitivisti, iako sam Braithwaite nije logički pozitivist. Vidjet ćemo da je Braithwaite neka vrsta posrednika između logičkog pozitivizma i kasnije filozofije znanosti koja odustaje od sintaktičkog pogleda na znanstvene teorije. Braithwaiteu, kao i Hempelu, zapravo nedostaje konceptualni alat kojim se koriste kasniji filozofi modela. „Bilo je otkriveno da, pogodnim izborom simboličkog jezika u kojem se propozicije sustava iskazuju, kao što je jedna propozicija neposredna posljedica drugih propozicija, to može korespondirati tome da rečenica koja iskazuje tu propoziciju može biti izvedena iz rečenica koje iskazuju druge propozicije određenom jednostavnom manipulacijom simbola u rečenicama. [...] Ako bi jezik koji iskazuje deduktivni sustav bio izabran na prikladan način, moguće je, u zadanom skupu rečenica, ispisati nizove rečenica dobivene simboličkom manipulacijom neke od prethodnih rečenica bez razmišljanja o značenjima tih rečenica.“ (Braithwaite, 1953:23) To se odnosi na otkriće sintaktičke manipulacije simbolima u rečenicama. Radi se o tome da je proučavanje naravi znanstvene teorije proučavanje deduktivnog sustava kojim se koristi u teoriji. U tom proučavanju treba krenuti od unutarnje logike znanstvenih deduktivnih sustava. Braithwaite nastavlja: „Reprezentacija deduktivnog sustava na takav način da svakom načelu dedukcije korespondira pravilo simboličke manipulacije nazvat ćemo *računom*. Uporaba računa kako bi se reprezentiralo deduktivni sustav ima ogromnu praktičnu prednost koja omogućuje da dedukcije budu ostvarene samo simboličkom manipulacijom. [...] Uporaba računa također osigurava da mišljenje može biti sasvim eksplicitno.“ (Braithwaite, 1953:23) Odnosno, „deduktivno mišljenje nije neovisno o mogućnosti vlastitog izražavanja.“ (Braithwaite, 1953:24) Ovo je argument za određeni sintaktički pristup znanstvenim teorijama. Ako se dedukcija može izraziti npr. na Aristotelov način ili na matematički način, onda to nešto govori o samoj toj dedukciji. Braithwaite se zapravo ne slaže sa sintaktičkim pristupom, ali još nije došao do onoga što se od Suppesa nadalje naziva semantičkim pristupom znanstvenim teorijama. Braithwaite piše o opasnostima nekritičke uporabe modela: „Prva opasnost je da će teorija biti identificirana s modelom koji stoji za nju, tako da će za predmete kojima se model bavi – model-interpretacija teorijskih termina λ , μ , ν računa teorije – biti pretpostavljeno da su

stvarno jednaki kao teorijski pojmovi teorije. Tim teorijskim pojmovima bit će pripisana svojstva koja pripadaju predmetima modela ali koja su nevažna za sličnost u formalnoj strukturi a to je sve što se zahtijeva od odnosa modela i teorije.“ (Braithwaite, 1953:93) Ovo je jedan od prvih primjera navođenja nekih zabluda do kojih nas može dovesti nerefleksivna uporaba modela. Vidjet ćemo je li tu opasnost uspjela otkloniti Braithwaiteova učenica Mary Hesse (vidi 2.3). „Razmišljanje o znanstvenim teorijama pomoću modela je uvijek razmišljanje *kao da*. [...] Ali postoji i druga inherentna opasnost u uporabi modela. [...] Ta opasnost je u prenošenju logičke nužnosti izabranog modela na teoriju.“ (Braithwaite, 1953:93-94) Braithwaite drži da je to još veća opasnost. Takva logička nužnost koja je prenesena s modela na teoriju je fiktivna.

2. STAJALIŠTA PREMA KOJIMA MODELI ZAUZIMAJU SREDIŠNJE MJESTO U FILOZOFIJI ZNANOSTI

Do suvremenog pojma znanstvenog modela dolazi se iz dva suprotna smjera, prvi je smjer tzv. semantičara i „matematičara“, a drugi smjer onih koji duguju filozofiji znanstvene prakse T. Kuhna.

U poglavlju se, nakon pregleda stajališta oba smjera, prikazuju stajališta M. Blacka (2.1.) i M. Hesse (2.2.), koji se javljaju prije pojave semantičkog pogleda na znanstvene teorije, a zatim stajališta za i protiv semantičkog pogleda koja su se pojavila gotovo istodobno kao i prethodna, iako su međusobno nepovezana. Kao primjer semantičkog pogleda prikazat će se stajalište P. Suppesa, B. van Fraassena i drugih semantičara (2.3.).

Sljedeći odjeljak prikazuje stajalište P. Achinsteina kao kritičara semantičkog pogleda (2.4.). Kao posljednji odjeljak prikazat će se stajališta Stanfordske škole (2.5.). Najviše prostora bit će posvećeno M. Hesse jer je njezino izlaganje o analogiji blisko onome N. Cartwright o modelima, što će se vidjeti na primjerima.

Od ta dva suprotna smjera jedan nastavlja formalističke ideale Bečkog kruga, a drugi polazi od naturalizacije, tj. od interesa za stvarnu znanstvenu praksu. Za potrebe ovog rada valja istaći ulogu M. Hesse čiji stavovi potiču stavove N. Cartwright, ali i ulogu T. Kuhna koji također utječe na Cartwright preko Stanfordske škole (I. Hacking). Kuhn svojim djelima pruža neku vrstu okvira i pozadine na kojoj se rasprava o modelima prirodno pojavljuje.

Hesse eksplicitno naglašava ulogu analogije i modela u znanosti, a Kuhn svojim velikim utjecajem skreće pozornost cjelokupne filozofije znanosti s formalističkih i normativističkih pristupa na naturalizirani, tj. povijesni i sociološki pristup znanosti.

2.1. Obnovljeni interes za modele u filozofiji znanosti

U fizici se modele klasično dijeli na „materijalne“ i „formalne“ modele. (Hesse, 2000:299) Formalni modeli sintaktičke su strukture. Materijalni modeli su semantički u smislu da uvode referenciju na stvarne ili zamišljene entitete. Analogija je povezana s nekim odnosom sličnosti i/ili različitosti između modela i svijeta ili između modela i nekog

teorijskog opisa svijeta ili između jednog i drugog modela. Modeli su *relata* analogijskih odnosa, tj. model je analog. Odnosi analogije su sami formalni i materijalni. Mogu biti samo analogije strukture, kao između vala svjetlosti i jednostavnog njihala. Neutralna analogija nije ni pozitivna, ni negativna, pri čemu je pozitivna analogija npr. ona između molekula plina i biljarskih kugli tako da se molekule plina među sobom odbijaju kao biljarske kugle. Pretpostavka je da između svjetlosnog vala i njihala nema neutralnih analogija. Zato je to formalna analogija. Materijalna analogija je, po definiciji, ona koja ima neutralnu analogiju, npr. svjetlosni i zvučni val. Samo, kako znamo da u nekoj analogiji koja je prepoznata pomoću pozitivne analogije postoji i neutralna analogija? Do odgovora dolazimo nabranjanjem svih svojstava za koja znamo da nisu pozitivna analogija. Ako nismo sigurni da imamo negativnu analogiju, takvu analogiju svrstavamo među neutralne analogije. Alternativa je uvođenje materijalne sličnosti, kao kad se čestice plina smatra sličnima biljarskim kuglama u svim mehaničkim svojstvima relevantnim za Newtonove zakone. (Hesse, 2000:299-300)

Odnosi analogije, kao i sličnost, dolaze u stupnjevima i u različitim vidovima i zato općenito nisu tranzitivni. To čini strogi formalni postupak teškim, ali korisno je razlikovati tri tipa odnosa materijalne analogije: a) pozitivna izabire ona svojstva analoga koja su identična ili jako slična; b) negativna bira ona koja su različita ili ona koja nisu jako slična i c) neutralna analogija bira ona kod kojih još nema dokaza o sličnosti ili različitosti.

Granice među tim trima vrstama analogija pomicat će se kako istraživanje napreduje. Što je bolji model, više će neutralnih analogija na kraju biti prihvaćeno kao pozitivne. Neutralne analogije lošeg modela postajat će sve više negativne. Dobar model neutralne analogije stalno pretvara u pozitivne. Model koji više nema neutralnih analogija prestaje biti koristan u istraživanju. Ove grube definicije bile su dostatne za opis modela u klasičnoj fizici i kemiji. Modeli su služili tome da uvedu neopažljive entitete i procese u fizikalnu teoriju analogijom s poznatim opažljivim entitetima i procesima, tako prikupljajući slike eksplanatornih entiteta za koje se vjerovalo da leže ispod (iza) fenomena. Problem opravdanja tih eksplanatornih modela doveo je do polarizacije epistemoloških stajališta. Realisti su držali da su uspješni modeli pozitivni analozi svijeta. Pozitivistički su poricali realnost teorijskih entiteta na koje modeli referiraju i smatrali su modele samo „radnim slikama“ koje se može odbaciti u prihvaćenim teorijama i koje, u najboljem slučaju, imaju formalnu analogiju sa svijetom. No to već proizlazi iz definicije, „prihvaćena“ teorija ima samo pozitivne analogije (djelomičnu interpretaciju), pa je time samo formalna analogija (sa svojim modelima). (Hesse, 2000:300)

Filozofsku raspravu o modelima započinje N. Campbell u okviru kritike takozvane hipotetičko-deduktivne teorije teorija (HD). (Campbell, 1920) Prema tom pogledu, kojemu je Maxwellova teorija elektromagnetizma paradigmatski slučaj, eksplanatorna se teorija u fizici sastoji od skupa matematičkih jednadžbi. Neki, ali ne svi, od termina u tim jednadžbama interpretirani su pomoću neposredno opažljivih ili mjerljivih svojstava kao što su oblik, položaj, moment, vremenski interval, težina, sastav, boja, intenzitet svjetlosti, temperatura itd. Te interpretacije zvalo se „veznim principima“ ili kod Campbella, „rječnikom“. Teorija je potvrđena ako, s veznim principima, zakoni i predviđanja mogu biti deducirani i ako se može pokazati dobro podudaranje s eksperimentalnim *eksplananda*. (Hesse, 2000:300)

Campbell je, nasuprot tome, tvrdio da su modeli, kao interpretacije neopažljivih termina, bitni elementi teorije, jer sam matematički formalizam ne pruža smislenu informaciju osim one koja se nalazi u eksperimentalnim zakonima i svojstvima samim. Uzimajući kao glavni primjer model plina kao biljarskih kugli, pokazao je kako su eksperimentalni zakoni *objašnjeni* (ujedinjeni i učinjeni inteligibilnim) tim modelom i, najvažnije, kako se teorijsko zaključivanje nastavlja modifikacijom i proširenjem modela da bi dao nova predviđanja. Logika takvog zaključivanja je analogijski zaključak od svojstava poznatog izvora modela (opažljive mehaničke čestice) na *eksplanandum* (plinove). Npr. originalni točkasti model čestica koji je objasnio Boyleove i Charlesove zakone proširen je na čestice konačne veličine, tako predviđajući korekcije Boyleovog zakona koje su nužne da bi se dobilo veći eksperimentalni opseg i pouzdanost za stvarne plinove. Tako se modeli pokazuju bitnima za „argument“ u fizici, a ne samo *potrošnim* heurističkim sredstvima.

Iz te analize pojavljuju se dvije vrste tema, jedna epistemološka a druga ontološka. (Hesse, 2000:301) Campbell ima implicitnu epistemološku tezu u argumentu za bitnost modela, tj. da oni opravdavaju pouzdanje u predviđanje iz modela zahvaljujući poznatoj pozitivnoj analogiji između modela i *eksplananduma*. Na postojanje takvog oslanjanja ukazao je H. Putnam na primjeru konstruiranja prve atomske bombe. (Putnam, 1963:779) Iako su testovi nuklearnih reakcija u laboratorijskim uvjetima bili izvedeni uspješno, pokusi u stvarnim uvjetima nisu, i njihov neuspjeh bio bi katastrofalan. Takvi testovi ne bi bili izvedeni da nije postojalo *neko* intuitivno povjerenje da su analogne ekstrapolacije iz evidencije i teorije opravdavale uspješna očekivanja.

Ispod svih tih intuicija je metafizika „analogije prirode“, a to sa sobom donosi ontološka pitanja o statusu modela. Ako kinetički model, npr., nema odnos sa stvarnim analogijama u prirodi iza onih već opaženih, onda nema osnove za predviđanje na svoje

analogne ekstrapolacije. Implicira li to, ipak, da *ima* molekula kao što je opisano teorijom? Campbellov odgovor na to pitanje je suptilan. Model molekula nije identičan substrukтури plinova, nego je samo *materijalno analogan* s njom. Modeli su entiteti koji dijele svojstva mehaničkih čestica utoliko ukoliko su ova potrebna za objašnjenje već poznatih fenomena (pozitivna analogija) i da predvide fenomene koje tek treba promotriti (neutralna analogija). No, analogije uvijek imaju negativne elemente i realistička identifikacija modela s prirodom tako nije opravdana. Campbell je bio anti-realist glede teorijskih entiteta i nekih od njihovih svojstava prvog reda, ali realist glede njihovih odnosa. Njegovo stajalište anticipira noviji naglasak na provizornom i dinamičkom karakteru stvaranja teorije, u suprotnosti prema HD prikazu u kojem se teorije promatra ili doživljava ahistorijski, kao statičke formalne sustave. Ipak, veća briga je posvećena statičnoj ontologiji nego dinamičkoj epistemologiji, a analiza modela je postala dio opće filozofske rasprave o realizmu.

Sintaktički HD prikaz transformiran je u takozvani semantički pogled na teorije u kojem je naglasak pomaknut s formalne teorije strukture na skup semantičkih ili metamatematičkih modela teorije. Svaki model tog skupa interpretacija je formalnog sustava koji čini aksiome sustava istinitima. Modeli mogu biti stvarni entiteti ili, češće, imaginarne idealizacije stvarnih entiteta kao što su površine bez trenja ili točkaste čestice, ili mogu biti matematički entiteti, kao što su geometrijski prostori kao modeli nekog geometrijskog skupa aksioma. Semantički sadržaj teorije tad je cijela klasa modela – to znači, sve moguće interpretacije. Ako je teorija empirijski prihvatljiva, stvarni svijet će biti (vjerojatno samo aproksimativno) među tim modelima. Ova „obitelj modela“ vrlo je apstraktna koncepcija koja ne nosi drugu informaciju osim strukture svojeg roditeljskog formalnog sustava. Čak ako se modele zamisli u nekom smislu kao realne entitete, svojstva koja imaju izvan i iznad svoje formalne strukture irelevantna su za teoriju. Kao „modeli teorije“, oni su logički ekvivalentni, pa se ne natječu jedan s drugim za „stvarnost“ ili „istinu“.

Semantički pogled na teorije predstavlja važan pomak od govora o jezičnim formulacijama prema govoru o stvarima i procesima te je tako bliže govoru o modelima kakav je prisutan u znanosti. Međutim, semantički pogled ne dodaje puno filozofski zanimljivog temi samih modela. Naglasak je još uvijek na svojstvima teorije kao „smrznutim“ u nekoj strukturalnoj formulaciji. Znakovito je koliko prikaza semantičkog pogleda referira na teorije kakve su izražene u „udžbenicima“. (Cartwright, 1983:46; Giere, 1988:78) Kao i HD, semantički pogled nema što reći o promjeni teorije ili o općim okvirima teorije ili „paradigmama“ zato što ih se rijetko može formalizirati u deduktivne aksiomske sustave te

stoga ne definiraju skup semantičkih modela. (Suppe, 1989:269; Hesse, 2000:302) Stari problem „značenja teorijskih termina“ preseljen je u filozofiju jezika umjesto u filozofiju znanosti. To kako se modele zamišlja i kako se shvaća njihova deskriptivna uloga ne razlikuje se prema tom stajalištu od uvođenja bilo kojih novih termina u jezik, bilo u nove dijalekte, romane, znanstvenu fantastiku ili literaturu općenito. (van Fraassen, 1980:221) No, takva razlikovanja između filozofije modela i filozofije jezika neopravdana su. Veze su već bile pronađene, npr. između upotrebe modela kao znanstvenih metafora i jezične analize metafore općenito. (Black, 1962: poglavlja 3 i 13; Hesse, 1966:157ff) Takve usporedbe imaju važne implikacije kako za filozofiju znanosti, tako i za filozofiju jezika te nema smisla isključivati raspravu o razvoju znanstvenog jezika iz analize strukture znanosti.

Još veća slabost semantičke koncepcije leži u njezinu prešutnom prihvaćanju distinkcije učinjene u klasičnom HD između teorijskih i opservacijskih termina. Opće je prihvaćeno da je to neprihvatljivo pojednostavljenje. Već je Suppes ukazao na to da predmet znanosti nije „sirovo“ promatranje, nego su to *modeli podataka*. (Suppes, 1962) U slučaju matematičke znanosti oni dolaze kao skupovi mjerljivih veličina koje reprezentiraju opažljiva svojstva izvedena iz idealizacija stvarnog svijeta, a ne iz sirovog iskustva. Naprimjer, teorije mehanike odnose se na iskustvo pomoću skupa varijabli interpretiranih kao čestice, vremenski intervali i funkcije prostora, mase i sile. One reprezentiraju idealizirane mehaničke entitete i njihova mjerljiva svojstva. Suppes sam nije raspravljao o *neopažljivim* terminima. Ipak, kasnije nastala puno općenitija teza o „opterećenosti opažanja teorijom“ zamutila je oštre razlike između „opažljivog“ i „neopažljivog“ te učinila njegovu analizu relevantnom također za teorijske modele. Znanstveno znanje sada se može zamisliti kao hijerarhiju modela od kojih neki leže bliže podacima, a drugi su pak više teoretski i udaljeniji su od svijeta.

Koji je zaista odnos teorije i svijeta? Odgovori unutar semantičkog pogleda ovise o tome koliko ga se može protumačiti kao realističku ili anti-realističku teoriju znanosti. Općenito prihvaćen pogled je realistički, barem u smislu da je pretpostavljeno da je stvarni svijet (aproksimativno) među modelima dobre teorije, i pokušalo se specificirati kriterije dobrih odlika (vrijednosti) koje će reducirati beskonačno velik skup mogućih modela na nekoliko korisnih. Ti kriteriji, po definiciji, trebaju biti ne-empirijski, jer je pretpostavljeno da je obitelj modela koji konstituiraju uspješnu teoriju sva konzistentna s podacima do sad, tj. s modelima tih podataka. Različiti podatci definiraju različite teorije. Ne-empirijski kriteriji koji su bili predloženi uključuju unifikaciju fenomena, formalnu jednostavnost, ekonomičnost i odsutnost *ad hoc rješenja* teorije. No, dosad je bilo malo uspjeha u pokazivanju da su ovi

kriteriji relevantni za istinu ili u pokazivanju da sekvence teorija u pojedinačnoj domeni konvergiraju prema jedinstvenom „najboljem objašnjenju“.

R. Giere je sugerirao fleksibilniju realističku verziju semantičkog pogleda na teorije koju naziva „konstruktivnim realizmom“. Ovdje se eksplicitno prepoznaje da postoji neka labavost podudaranja (*looseness of fit*) između teorijskih modela, modela podataka i stvarnog svijeta. Čak i u HD koncepciji brojana aproksimacija i statistička vjerojatnost već prekidaju čisto deduktivni karakter teorije. Općenitije, Giere identificira sličnost kao primarni odnos između svih tipova modela i stvarnog svijeta. (Giere, 1988:81) To je logički netranzitivni odnos i ne može postići „istinu“ ili „korespondenciju“. Giere smatra priznavanje dovoljne sličnosti u relevantnom smislu kao potpuno prirodan kognitivni proces koji ovisi istodobno o ljudskim biološkim sposobnostima te o društveno prihvaćenim konvencijama i paradigmatama. (Giere, 1988:94ff) U tom tipu realizma nema, u postupku nastajanja teorije, jamstva konvergencije prema dovršenosti (*convergence of finality*). To je ontološka analiza onoga što teorija *jest*, a ne kako se razvija ili opravdava.

Giereov konstruktivni realizam dovodi semantički pogled na teorije bliže stvarnoj znanosti i, također, tipu anti-realizma ili „konstruktivnog empirizma“ koji je usvojio van Fraassen. (van Fraassen, 1980) Razlika između ovih dvaju pogleda odnosi se uglavnom na narav distinkcije teorija-opservacija. Tamo gdje Giere vidi kontinuiranu hijerarhiju modela teorije i podataka, van Fraassen pravi razliku (koja ne može biti nego pragmatička) između empirijske adekvatnosti teorije i ne-realističkih modela čiji je odnos prema iskustvu posredovan uz pomoć deduktivnog aparata teorije i njezinih veznih principa. Tako odnos teorije i svijeta ostaje odnos zadovoljenja propozicija, tj. „istine“ i „korespondencije“, ali samo na empirijskoj razini. Teorijski modeli, smatra se, nemaju istinosne vrijednosti u odnosu na svijet. Ali i Giere i van Fraassen, ipak, nastavljaju zanemarivati probleme promjene teorije i izbora modela, ostavljajući to bilo kognitivnoj neurofiziologiji, bilo općoj filozofiji percepcije i jezika.

Da bismo se okrenuli problemima značenja i opravdanja, moramo odbaciti dvije dogme koje još uvijek prijete u semantičkom pogledu na teorije: prva je neopravdana koncentracija na ontologiju i realizam pod cijenu istiskivanja jezičnih i epistemoloških pitanja iz filozofije znanosti i druga koja stavlja naglasak na statične, „udžbeničke“ formulacije teorije, uz zanemarivanje trajnog procesa stvaranja teorije i posljedičnih problema izbora teorije i promjene teorije.

Novi pristupi naglašavaju empirijsko proučavanje same znanosti, a ne njezinih „logičkih rekonstrukcija“. Odnos teorije i svijeta eksplicitno se opisuje u smislu fiziološke i kognitivne znanosti, umjesto da se smatraju dubokim i nedohvatnim filozofskim problemom. Umjesto pokušaja da se u znanstvenoj teoriji nađe stroge logičke odnose pribjegava se raznim stupnjevima aproksimacije, sličnostima i analogijama. Novi pristupi, međutim, moraju pokazati da se filozofski (raz)govor može voditi na rigorozan, precizan i razumljiv način.

Opravdanje predviđanja iz modela na nove domene postaje pitanje snage argumenta iz analogije unutar cijele mreže „teorija-podatci“. To da analozi opravdavaju predviđanje ovisi o metafizičkoj pretpostavci analogije prirode. Drugim riječima, za prošle sličnosti, razlike i pravilnosti smatra se da označavaju stvarne i postojeane strukturalne pravilnosti. Ovo je osnova teoretiziranja s idealiziranim modelima kad su primijenjeni na stvarni svijet u nizovima analognih koraka. Naprimjer, analogija nas vodi od početnog stanja tijela koje pada u zraku do pojma kugle koja pada u vakuumu, sa svojim zakonolikim početnim i završnim stanjima i onda analogijom do (aproksimativnog) završnog stanja stvarnog tijela. Slični protučinjenični zaključci potrebni su za istraživanje primjene svih modela koji su pretpostavljeni ali se ne uzima *nužno* da postoje. (Hesse, 2000:305)

Dobar test analogijske koncepcije teorija daje kvantna fizika koja je uvijek bila težak slučaj za teoriju modela, jer je općeprihvaćeno da nijedan poznati mehanički (ili bilo koji drugi) model nije adekvatna interpretacija njezinog formalizma. Takozvana kopenhaska interpretacija kvantne teorije zauzima pozitivistički stav prema kojem je bit kvantne teorije u matematici za koju se ne mogu niti trebaju pronaći analogije s drugim fizičkim procesima. Realisti, pak, nastoje pronaći „skrivenne varijable“ modela koje bi obnovile komprehenzivnu dinamičku stvarnost teorije. U međuvremenu se nastavlja koristiti jezikom „čestica“, „vala“ i „polja“, a fizičari su naučili upotrebljavati te djelomične modele u prikladnim eksperimentalnim situacijama bez ikakvih drugih pretpostavki osim odnosa analogije sa stvarnošću. Analogijska koncepcija teorija samo tvrdi stvarno postojanje nekih formalnih i materijalnih analogija u prirodi. To ne implicira neke jedinstveno „istinite“ modele stvarnosti, a povijest kvantne teorije pokazuje da ona ne mora implicirati da možemo artikulirati modele koji su adekvatni za danu teoriju i njezine podatke.

O modelima se u filozofiji znanosti raspravlja s dva suprotstavljena gledišta. „Standardni“ pristup – naprimjer, semantička koncepcija teorija, je formalan i ahistoričan, definirajući model kao jedan od entiteta i procesa koji zadovoljavaju formalne aksiome teorije. Sama teorija sastoji se od svoje formalne strukture s obitelji svih njezinih modela.

Realističke verzije nastoje definirati „dobru“ teoriju kao onu za čije se modele može reći da aproksimativno predstavljaju stvarni svijet. Anti-realističke verzije gledaju na modele kao na fikcije koje nemaju direktne veze sa stvarnošću, ali se koriste čisto heuristički za otkriće i objašnjenje fenomenoloških zakona. I realistička i anti-realistička verzija semantičkog pogleda na teorije teže analizirati teorije kao statične „udžbeničke“ entitete i obje teže postaviti oštru granicu između teorije sa svojim modelima i podataka dobivenih promatranjem i eksperimentom. Pritom semantički pogled na teorije zanemaruje epistemološke probleme razvoja i izbora teorije. Alternativni pristup Hesse zove „analogijskom koncepcijom teorija“. Prema tome pogledu, teorije su povijesno promjenjivi entiteti i sastoje se bitno od hipotetskih modela ili analoga stvarnosti, a ne primarno od formalnih sustava. Teorijski modeli, modeli podataka i stvarni svijet čine kompleksne mreže analogijskih odnosa koje se kontinuirano modificiraju. Analogije s poznatim entitetima i događajima uvode deskriptivne termine za teorijske pojmove procesima sličnim upotrebi metafore u jeziku. Zaključivanja unutar teorija i iz teorija na podatke i predviđanja više su analogijska nego propozicijska. Njihovo se opravdanje mora tražiti u nekom metafizičkom principu „analogije prirode“, načelu koje je slabije od uobičajenih pretpostavki „prirodnih vrsta“ ili „univerzalnih zakona“. (Hesse, 2000:306-7) Prešutno se uzima da znanost i znanstvena teorija moraju imati neke metafizičke pretpostavke. (usp. Maudlin, 2007) S time se, dakako, pozitivisti ne bi složili. No, tome ćemo se vratiti u poglavlju o modelima kod M. Hesse (vidi 2.3.).

2.2. Metafora: M. Black

Često se modele uspoređuje s metaforama. M. Black poznat je među ostalim po svojim radovima o metafori. U djelu *Models and Metaphors* u kojem su sabrani njegovi eseji iz filozofije jezika dva eseja su od posebne važnosti za ovu temu „Metaphor“ i „Models and Archetypes“. (Black, 1962:25-47, 219-43)

Black kritizira uvriježeni pogled na metafore koji se naziva poredbenim pogledom, a prema kojem je metafora samo skraćena poredba ili parafraza. On zastupa drukčiji pogled koji naziva interakcijskim. Dok poredbeni pogled pretpostavlja da metafora samo formulira neku sličnost među članovima, dotle interakcijski pogled kaže da metafora sličnost stvara. (Black, 1962:16) Prema njemu metafora je kao filter. Interakcijski pogled na metafore uključuje sljedećih sedam tvrdnji:

„1) Metaforički iskaz ima dva različita subjekta, načelni subjekt i pomoćni subjekt. 2) Te subjekte je često najbolje držati sustavima stvari, a ne stvarima. 3) Metafora na načelni subjekt djeluje primjenom sustava asociiranih implikacija karakterističnih za pomoćni subjekt. 4) Te implikacije se obično sastoje od općih mjesta o pomoćnom subjektu, ali se u povoljnim slučajevima mogu sastojati od devijantnih implikacija koje pisac *ad hoc* pronalazi. 5) Metafora izabire, naglašava, prigušuje i organizira svojstva načelnog subjekta primjenjujući na njega iskaze koji se uobičajeno primjenjuju na pomoćni subjekt. 6) To uključuje pomake u značenjima riječi koja pripadaju istoj obitelji ili sustavu kao metaforički izraz, a neki od tih pomaka, iako ne svi, mogu biti metaforički prijenosi. [...] 7) Nema općenito jednostavnog temelja za nužne pomake značenja - nema sigurnog razloga zašto neke metafore djeluju a druge ne uspijevaju.“ (Black, 1962:44-5)

Po Blackovom mišljenju stavovi od 2 do 6 kazuju zašto je poredbeni pogled neadekvatan.

Što se tiče modela Blackovo mišljenje je također važno: „Uporaba teorijskih modela podsjeća na uporabu metafora po tome što zahtijeva analogijski prijenos rječnika. Metafora i modeliranje otkrivaju nove odnose. Oboje su pokušaji da se mlado vino ulije u stare mješine, ali metafora djeluje uglavnom implicirajući opća mjesta. Potrebno je samo takoreći poslovično znanje da bi se vašu metaforu razumjelo, ali stvaratelj znanstvenog modela mora imati prethodni nadzor nad dovršenom znanstvenom teorijom ako želi učiniti više nego samo izvjesiti privlačnu sliku na algebarsku formulu.“ (Black, 1962:238-9) Black ovdje dovodi u vezu metaforu i model naglašavajući više sličnosti nego razlike te je zbog toga njegovo mjesto u ovoj temi važno. Proučavanje metafore može doprinijeti razumijevanju znanstvenih modela.

Ova se tema nadovezuje na teme prethodne cjeline. Za logičke pozitiviste logika je nudila izlaz iz metafizike u znanost. Trebalo je urediti *sintaksu* da bi se moglo posvetiti *semantici*. Metafora se postavljala kao prepreka, imala je prizvuk metafizike. Logika je morala zamijeniti metafiziku, pružiti znanosti čvrsto uporište. „Filozofiju mora zamijeniti logika znanosti.“ (Carnap, 2003:xiii) Formalizam (logicizam) upravo polazi od premise da je metafora samo poredba i budući da ničemu epistemički ne doprinosi, treba je izbaciti. Metafora je upravo primjer „kontaminacije“ (filozofije) znanosti. Međutim, logička sintaksa zanemaruje nove načine konceptualne organizacije. (Hanson, 1958:18)

„Metafora“ je metafora za ilustraciju odnosa modela i teorije te za uvođenje teorijskih termina. (Boyd, 1993) Metafora je metafora za modele i teorijske termine. (Montuschi, 2000:277) *Standardni pogled na teorije* (logički pozitivizam/empirizam) je protiv metafizike. On ne pridaje ni modelima ni teorijskim terminima neku stvarnost. Oni su samo „parafraze“. (Montuschi, 2000:277) Utoliko standardni pogled zastupa antirealizam: to je zaista samo empirizam zajedno s logikom. Rasprava o realizmu premješta se na raspravu o ulozi metafizike u znanosti. Logički empirizam stavlja, zapravo, sav epistemički teret na logiku.

Ako teorijski termini i modeli nemaju bitnu ulogu, onda se teorija, dakle znanost, daje deducirati iz opažanja. No, od pedesetih godina prošlog stoljeća sve se više primjećuje da formalnim (formalističkim) teorijama nedostaje *ekspresivna snaga*. Počinje se smatrati da je logički jezik previše rigidan i statičan. Međutim, jezik stvarne znanosti se „mijenja i transformira pod pritiskom novih kognitivnih stečevina“. (Montuschi, 2000:278) Ukratko, logika je preuska da prikaže *manifestne fenomene* nastanka i pogona stvarne znanosti. Filozofi znanosti počeli su primjećivati da su znanstvenici nezadovoljni takvom filozofijom znanosti koja ignorira stvarnost znanstvenog pogona, *epistemičke kulture*.

Znanstveni model je onaj pojam koji bi trebao oslabiti ako već ne i zamijeniti pojam logike. Pojmovi model i logika pripadaju širem okviru rasprave o jeziku znanosti, rasprave koja se najprije trebala osloboditi umjetne podjele na *jezik opservacije* i *formalni jezik logike i matematike* te u kojoj znanstveni jezik toliko ne reprezentira koliko *oblikuje* nove pojmove i značenja. U tome smislu metafora postaje *deskriptivno sredstvo*.

Za Blacka je metafora *filtr* takvih opisa. Metafore *kreiraju* nove analogije, a ne registriraju samo postojeće. (Montuschi, 2000:278) Ovo slabi tezu da je pojam reprezentacije pogodniji za razumijevanje znanosti od pojma modela. Model, prema Blackovu pristupu, stvara nove opise ili daje mogućnosti opisa. On kreira ono što se može ili treba opisati ili reprezentirati. Tako model ima *aktivnu* ulogu, a reprezentacija *pasivnu*. Black pokazuje da površno izjednačavanje modela i reprezentacije nije dobro jer model iako *jest reprezentacija* ipak nije *samo reprezentacija*. Važnost Blackova pristupa je u tome da pokazuje kako se može konceptualno shvatiti stvaralačku ulogu modela u znanosti.

2.3. Analogija: M. Hesse

Mary Hesse djelo *Models and Analogies in Science* kojom je potaknula preusmjeravanje filozofije znanosti k modelima započinje pitanjem: „Ako znanstvena teorija treba dati 'objašnjenje' eksperimentalnih podataka, je li nužno da se teoriju shvati kao neki model ili neku analogiju s već poznatim događajima ili predmetima?“ (Hesse 1966:1)

Hesse model i analogiju doživljava kao sinonime (štoviše poziva se na interakcijski pogled na metafore M. Blacka). Model također na neki način povezuje eksperimentalne podatke s poznatim događajima ili predmetima. Za nju model jest analogija, a bez analogije nema objašnjenja. To i slična pitanja postavljaju se znanstvenicima i filozofima u raznim razdobljima razvoja znanstvene teorije, napose od druge polovine devetnaestog stoljeća kad su se fizičari našli u situaciji da moraju odbaciti potragu za mehaničkim modelima etera kao objašnjenjima fenomena svjetlosti i elektromagnetizma.

P. Duhem (vidi 1.4.) uspoređuje dvije vrste znanstvenika u kojima također vidi kontrast između kontinentalnog (francuskog) i engleskog temperamenta: apstraktan, logičan, sistematičan, geometrijski um tipičan za kontinentalnog fizičara i vizualan, maštovit, nekoherentan um tipičan za Engleza. (Duhem, 1954) Pascalovim riječima, „jak i uzak“ i „širok i slab“. Odgovarajući takvoj podjeli, Duhem dijeli i fizikalne teorije na apstraktne i sistematične nasuprot teorijama koje se služe mehaničkim modelima. Mehanički modeli, za Duhema, mogu biti samo psihološka pomoć pri nastanku teorija, ali to mogu biti i druga sredstva kao što su snovi ili astrološka vjerovanja. Za njega bi idealna teorija bila matematički sustav s deduktivnom strukturom sličan Euklidovu.

Takvom razmišljanju suprotstavio se N. R. Campbell. On smatra da modeli nisu samo pomoć kod stvaranja teorije pa da ih se može odbaciti kad je teorija razvijena. Navodi dva glavna argumenta: 1) Teorija mora dati intelektualno zadovoljavajuće objašnjenje fenomena i zato treba imati inteligibilnu interpretaciju kakvu daje model; 2) Teorija mora uključivati i nove fenomene, mora biti *dinamična*. Proširenja teorije bila bi arbitrarna bez analogije s modelom. Bez modela teorija ne bi mogla obavljati jednu od svojih glavnih funkcija, a to je predviđanje u novim domenama fenomena. (Campbell, 1920) Mnogi fizičari bi stali na Duhemovu stranu. Smatrali bi da je odsutnost inteligibilnih modela u kvantnoj fizici dovoljan razlog za odbacivanje Campbellove pozicije.

Hesse smatra da ta rasprava još nije zaključena i da postoji element istine u Campbellovu ustrajanju da bez modela teorije ne mogu obavljati sve funkcije koje se tradicionalno od njih traže, a posebno da ne mogu biti izvorno prediktivne. Kasnije ćemo vidjeti na kakvu vrstu prediktivnosti Hesse misli.

Svoje pristajanje uz Campbellov pogled Hesse prikazuje u obliku dijaloga između jednog suvremenog učenika Duhema (duhemovca) i učenika Campbella (campbellovca). Ona campbellovskom argumentacijom pokušava pokazati da je potrebno da filozofija znanosti više pozornosti posveti logičkim pitanjima o naravi i valjanosti analogijskog zaključka iz modela.

Na početku dijaloga duhemovac drži da teorijsko objašnjenje može biti opisano čisto formalnim deduktivnim sustavom kojemu neke konzekvence mogu biti interpretirane opažljivim, i tako empirijski testirano. Teorija ne treba biti interpretirana modelom. Modeli nisu esencijalni ili barem nisu *logički* esencijalni. Kekulé je došao do strukture benzenovog prstena sanjajući zmiju koja grize vlastiti rep, ali se nikakva zmija ne pojavljuje u visokoškolskim udžbenicima organske kemije. Campbellovac ipak tvrdi da su modeli, u nekom smislu, esencijalni za logiku znanstvenih teorija. Prije nego što se upusti u argumentiranje, on želi raščistiti u kojem se smislu koristimo riječju model kad se raspravlja o njegovoj ulozi u znanosti.

Primjer koji navodi je iz kinetičke teorije plinova. Kad zamislimo hrpu biljarskih kugli kako se nasumično kreću kao model plina, time ne mislimo da su one u svakom smislu kao molekule plina. Biljarske kugle su crvene ili bijele, sjajne i tvrde, i ne mislimo da molekule imaju takva svojstva. Mislimo da su molekule plina *analogne* biljarskim kuglama. Odnos analogije znači da neka svojstva biljarskih kugli ne nalazimo kod molekula. Nazovimo ona svojstva za koja znamo da pripadaju kuglama ali ne i molekulama *negativnom analogijom* modela. Kretanje i sudar, s druge strane, su upravo ona svojstva biljarskih kugli koja želimo pripisati molekulama u našem modelu, i njih možemo nazvati *pozitivnom analogijom*.

Hesse ovako komentira primjer: „Važna stvar o ovoj vrsti razmišljanja na način modela u znanosti je da će općenito biti nekih svojstava modela o kojima još ne znamo jesu li pozitivne ili negativne analogije; to su interesantna svojstva jer nam, pokušat ću dokazati, dopuštaju nova predviđanja. Nazovimo ovaj treći skup svojstava *neutralnom analogijom*.“ (Hesse, 1966:8)

Kasnije ćemo vidjeti kako se zamisao neutralne analogije može tumačiti kao preteča pojašnjenja modela kod Cartwright (vidi 3.1.2 – 3.1.3).

Hesse želi uvesti razliku između „primarnog“ značenja modela (model₁), a to su zamišljene kugle bez negativnih analogija, i „sekundarnog značenja“ (model₂), koji uključuje i negativne analogije. Model₁ je, zapravo, zamišljen (iz modela₂). Hesse ta dva značenja često razlikuje. (Hesse, 1966:9)

Duhemovac se dalje pita čemu riječ model kad nema razlike između teorije i modela. Campbellovac (to je sama Hesse koja razgovara sa zamišljenim „duhemovcem“) odgovara da je to dijelom zato što postoji tendencija da se riječ teorija koristi za ono što pokriva samo poznatu pozitivnu analogiju, a zanemaruje svojstva modela koji su njegove neutralne analogije („mjesta rasta“). Ona se ne bavi statičnim i formaliziranim teorijama jer imaju, kao što ćemo vidjeti, slabu prediktivnost, nego teorijama u procesu rasta.

Zbog toga Hesse neki, kao npr. Bailer-Jones, smatraju rodonačelnicom onog pogleda koji stavlja modele u središte znanosti zbog njihova važnosti za rast, razvoj i kreativnost teorija (tj. same znanosti).

Duhemovac, ponavlja Hesse, upotrebljava riječ „teorija“ u širem smislu nego „model“ da bi pokrio formalne deduktivne sustave koji imaju samo djelomičnu interpretaciju opažljivim. Model₁ je potpuna interpretacija deduktivnog sustava koja ovisi o pozitivnim i neutralnim analogijama s „kopijom“. (Hesse, 1966:10) Sekundarni predmet ili „kopija“, je model₂ koji uključuje i negativne analogije. Hesse nudi rekonstrukciju upotrebe modela i analogija na poznatom primjeru – valnim modelima zvuka i svjetlosti.

Tablica 1. Poredba vodenih, zvučnih i svjetlosnih valova. Izvor: Hesse, 1966:11.

VODENI VALOVI	ZVUK	SVJETLOST
proizvedeni kretanjem vodenih čestica	proizvedeni kretanjem gongova, žica itd.	proizvedeni kretanjem plamena itd.
svojstva refleksije	jeka itd.	odraz u zrcalu itd.
svojstva difrakcije	slušanje „iza ugla“	difrakcija kroz uske rasporke itd.
amplituda	glasnoća	jakost svjetla
frekvencija	visina	boja
medij: voda	medij: zrak	medij: „eter“

U Tablici 1. uspoređeni su vodeni, zvučni i svjetlosni valovi. Neka svojstva ta tri procesa izgledaju slično i na prvi pogled. To su: kretanje, refleksija (jeka i zrcalo) i difrakcija. Ovo sugerira da su tri procesa možda slična i u temeljnijem smislu. Da bismo istražili tu mogućnost, gledamo pozornije na onaj proces od ta tri o kojem znamo najviše, tj. na vodene valove.

Iz matematičke teorije vodenih valova se mogu deducirati neki zakoni, kao što je jednakost kutova upadanja i odbijanja. Do sad imamo dva izvora informacija da bismo mogli konstruirati teorije zvuka i svjetlosti.

1. njihova opažena svojstva i
2. njihove opažene analogije s vodenim valovima.

Oba izvora se pozivaju samo na opise „opažljivih“ događaja. (Hesse, 1996:12) Hesse dalje navodi neke definicije, npr. za „opservacijske tvrdnje“. To su opisne tvrdnje o čijoj će se istinitosti u odnosu na empirijske okolnosti svatko suglasiti. Također, „eksplikandum“ je skup opservacijskih tvrdnji povezanih s fenomenima koje pokušavamo objasniti pomoću teorije. Svatko će, također, *uočiti* analogije između tri procesa.

Tako i kod matematičke teorije valova, svatko će, i bez poznavanja matematike, „razumjeti *izraze* 'visina vode', 'frekvencija valova' itd. u koje su matematički simboli

interpretirani. U tom smislu je matematički sustav *o* opažljivim događajima (ima interpretaciju pomoću opažljivih događaja).“ (Hesse, 1966:13)

Da bismo dobili teoriju zvuka, moramo konstruirati korespondenciju opažljivih svojstava zvuka (*eksplikandum*) i vodenih valova (model₂). Tada možemo testirati matematičku teoriju valova kao teoriju zvuka. Na prigovor da su „opservacijski opisi“ već „interpretacije“ događaja, Hesse odgovara da je dovoljno odgovoriti da „znanstvene teorije donose nešto *novo* u naše opise događaja, tako da je, dakle, moguće razlikovati između opservacijskih tvrdnji neke dane jezične zajednice sa zajedničkim okvirom pretpostavki i tvrdnji koje idu iza tog zajedničkog okvira i koje uvode znanstvene teorije. [...] Nasuprot tim novostima, koje možemo nazvati *teorijskim tvrdnjama* koje sadrže *teorijske termine*, neke trenutačno prihvaćene vrste opisa možemo nazvati opažljivim.“ (Hesse, 1966:15)

To spomenuto razlikovanje čini pragmatičkim, jer ovisi o pretpostavkama jezične zajednice. Potaknuta govorom o modelima kao o „slikama“, Hesse pruža definiciju modela. Model je svaki sustav, bilo izgradiv, predočiv, zamisliv, ili ništa od navedenoga, koji ima osobinu da teoriju čini *prediktivnom*. (Hesse, 1966:19)

Hesse drži da je predviđanje glavna funkcija znanstvenih teorija. Treba se podsjetiti da W. V. O. Quine tvrdi da je predviđanje samo kriterij uspješnosti znanosti, a ne njezin cilj. Cilj znanosti je razumijevanje. (Quine, 1992:2) Duhemovac i dalje tvrdi da mu nisu potrebni modeli, jer mu je dovoljno reći da je „značenje 'amplitude zvučnog vala' dano indirektno položajem α u deduktivnom sustavu, i činjenicom da neke konzekvence, kad su interpretirane, imaju uobičajeno empirijsko značenje.“ (Hesse, 1996:22) To znači da je „amplituda zvučnog vala“ samo konvencionalni izraz koji ne referira ni na kakav model. To je čudno shvaćanje (indirektnog) „značenja“, kaže Hesse. Duhemovac ipak dodaje još jedan uvjet za indirektno značenje teorijskih termina, a taj je da deduktivni sustav u kojem se termin pojavljuje mora imati ozbiljno mjesto u znanosti, mora imati mnoge opažljive posljedice u različitim okolnostima, a sve su potvrđene opažanjem. „To je u potpunosti pitanje znanstvenog istraživanja, empirijsko a ne logičko pitanje, i stoga uvjeti da bi teorijski termin imao znanstveno značenje ne mogu biti logički formalizirani.“ (Hesse, 1966:23) Duhemovac također poriče da je anti-realist. Teorijski termini su, za njega, „entiteti na koje referira (kroz vrijednosti varijabli) deduktivni sustav koji ima sve karakteristike prihvaćene znanstvene teorije.“ (Hesse, 1966:25) Ona se slaže da se campbellovci i duhemovci ne moraju razlikovati glede postojanja teorijskih entiteta. Razlikuju se prema tome što je ono za što se tvrdi da postoji. Zagovarati teoriju znači, za Hesse, zagovarati model₁, pozitivnu i neutralnu analogiju.

Za duhemovca je to zagovaranje samo pozitivne analogije. Njemu je neutralna analogija samo heurističko sredstvo. (Hesse, 1966:25) Međutim Hesse tvrdi da neutralna analogija pripada teoriji sve dok eventualno ne postane negativna (dakako da ostaje ako postane pozitivna). To je, jednostavno rečeno, model.

Duhemovac tumači svoj stav: da bismo zagovarali postojanje teorijskog termina, u slučaju u kojem nemamo teoriju opisivu terminima modela, moramo ili stvoriti nove riječi ili starim riječima dati novo značenje metodom indirektnog značenja u deduktivnim sustavima. Npr. u jednoj fazi povijesti fizike ozbiljno su uzimane u obzir teorije u kojima je eter imao dobro definirano mjesto unutar deduktivnog sustava, a opažljive posljedice njegovih svojstava mogle su biti empirijski testirane. Ovo je primjer oko kojeg se Hesse i duhemovac ne slažu. Ne slažu se oko toga koliki je utjecaj modela na razvoj pojma etera i koliko uopće značenje termina može ovisiti o analogiji. Hesse, zatim, ističe da se prema duhemovčevu stavu u kojem se umanjuje važnost modela ne može objasniti zašto se ispituje jedna interpretacija teorije a ne druga. Tako ni nema povijesnog primjera da je teorijski termin bio interpretiran bez modela. (Hesse, 1966:30)

U praksi uvijek postoje razlozi za ispitivanje hipotetičke interpretacije, a ti razlozi dolaze iz modela. Duhemovac odgovara da ne treba imati razloge za izbor jedne teorije umjesto druge prije eksperimentalnog testiranja. Pita se, koji je *razlog* za očekivanje da bi nagađanje pomoću modela bilo ispravno ili plodno? Hesse to svodi na pitanje o postojanju objektivne analogije. To se više ne odnosi na metodu, nego na epistemologiju, ili čak ontologiju. Zagovarati analogiju, i prije nego što je eksperimentalna korelacija poznata, upravo znači dati razlog za interpretaciju onako kako to duhemovac za svoju metodu ne može. Takva interpretacija motivirana analogijom ima prednost pred drugim metodama i to je dovoljan razlog, tj. to je racionalna odluka ili izbor.

Duhemovac odgovara da ako postoji model onda postoji i razlog da se taj model iskoristi. On ne može prihvatiti razlog koji polazi od modela, jer ne priznaje da je model uopće potreban. Traži drugi razlog, a to je razlog za pretpostavku da je model potreban. (Hesse, 1966:33)

Hesse odgovara da će znanstvenici, onako kako upotrebljavaju riječ „razlog“ u tom kontekstu, prihvatiti razloge koji se pozivaju na modele. To se vidi na načinu na koji izvode predviđanja iz modela i upotrebljavaju ih kao test teorija. Predviđanje će se smatrati razumnim ako slijedi iz „očite interpretacije“ pozivanjem na model. (Hesse, 1966:33) Izgleda

da kod Hesse predviđanje i analogija imaju jaču vezu nego što se to uobičajeno misli. Za znanost je najvažnije da dobro predviđa jer to automatski daje važnost analogijama, tj. modelima.

Tako zajedno s uspjehom ili neuspjehom predviđanja jačaju ili padaju i teorija i model. Npr. korpuskularni model svjetlosti se smatralo opovrgnutim kad se za očitu interpretaciju da će dvije svjetlosne čestice koje padnu na istu točku proizvesti dvostruko intenzivniju svjetlost od jedne, pokazalo da je suprotan difrakcijskim eksperimentima. To da je model vodio do pogrešne interpretacije bio je, u ovom slučaju, „razlog“ da se odbaci cijela teorija. (Hesse, 1966:34) Duhemovac pita zašto se svojstvo modela, neuspješno u ovom slučaju, nije moglo smjestiti među negativne analogije i tako sačuvati ostatak korpuskularnog modela. Možda postoji nešto kao *experimentum crucis* za modele.

Čini se da nisu sve analogije jednako važne i da u tome tonu odgovara sama Hesse, tj. odgovara da su neka svojstva modela₂ više „esencijalna“ od drugih. To znači da su kauzalno bliže povezana ili teže češćem „supojavljivanju“ (*co-occur*).

Duhemovac ponavlja, pozivajući se na općenite primjere iz kvantne fizike, da se za teoriju smatra da zadovoljava ako je moguće deducirati opažene rezultate iz matematičkog formalizma zajedno s interpretacijom nekih od njezinih termina, a modeli₂ se koriste samo kao mnemotehničko sredstvo i heuristička sredstva kad je to prikladno. Prema toj teoriji modeli₂ ne moraju čak biti ni konzistentni da bi bili korisni.

Hesse najavljuje drugi dio odgovora kako bi dala razloge za uporabu modela. Njezin joj model omogućuje da radi predviđanja zato što vodi u nove interpretacije nekih teorijskih termina koji tada mogu biti korišteni za deriviranje novih odnosa među opažanjima. Ako duhemovac misli da bilo koje pripisivanje nove interpretacije, s modelom ili bez njega, omogućuje predviđanje, ona odgovara da se *traženu vrstu predviđanja* može dobiti samo uporabom modela. (Hesse, 1966:35)

Njezin drugi kriterij za teorije je da one mogu biti falsificirane empirijskim testovima. Falsifikabilnost je usko povezana sa snagom predviđanja. Kriterij falsifikabilnosti pokriva barem tri zahtjeva prema teorijama od kojih je samo najjači dovoljan da teoriji s modelom osigura prednost nad samo formalnom teorijom.

Od znanstvene teorije se traži da bude falsifikabilna u smislu da ona vodi do novih opservacijskih tvrdnji koje mogu biti testirane, a to znači da vodi do novih i možda neočekivanih i zanimljivih predviđanja. U slabijem smislu ovog zahtjeva mogu biti pronađene

nove korelacije među *istim* opservacijskim predikatima. U jačem smislu mogu biti pronađene nove korelacije koje uključuju nove opservacijske predikate.

Među primjerima koje Hesse navodi u prilog tvrdnji da i u kvantnoj fizici ima modela je i Diracovo predviđanje pozitrona. Ne samo da je interpretativna teorija tu bila uspješna, nego bi ista teorija tretirana formalno bila odbačena. Ona ipak priznaje da je situacija u kvantnoj fizici posebna i navodi primjer: model čestica (model₁) ima neke pozitivne i neke negativne analogije s atomskim fenomenima. Isto vrijedi i za valni model₂. Većina pozitivnih analogija modela čestica je negativna analogija valnog modela i obrnuto, a to je razlog da dva modela djeluju kontradiktorno. Kad bi to bilo sve, mogli bismo jednostavno izvući dva skupa pozitivnih analogija i odbaciti sav govor o česticama i valovima, ali kako to nije sve, jer u oba slučaja postoje svojstva za koja još ne znamo jesu li pozitivne ili negativne analogije. Zbog tih svojstava su model čestica i valni model još uvijek bitni, i to podupire predosjećaj koji su fizičari razvili da bi znali kada treba upotrebljavati jedan a kada drugi. Hesse priznaje da postoji opći problem opravdanja indukcije kojemu je problem opravdanja zaključivanja o hipotezama pomoću modela posebni slučaj. „Logika analogije, kao i logika indukcije, može biti deskriptivna a da ne bude opravdavajuća.“ (Hesse, 1966:56)

Dva pitanja postavljena u ovom dijalogu trebalo bi istražiti: 1) što je analogija? i 2) kada je zaključak iz analogije valjan? Drugo uključuje indukciju, pa je zbog toga problematično. Hesse najprije želi dati definiciju analognog *odnosa*, a kasnije će razmotriti opravdanje analognog *zaključka*. Pogledajmo ukratko primjere iz literature o različitim tipovima analogije.

Primjer A. Analogija između dva predmeta može postojati zbog njihovih zajedničkih svojstava. Uzmimo, npr. Zemlju i Mjesec. Oboje su velika, čvrsta, neprozirna, sferična tijela koja primaju toplinu i svjetlost od Sunca te koja rotiraju oko svoje osi. Ta svojstva, možemo reći, konstituiraju pozitivnu analogiju. S druge strane, Mjesec je manji od Zemlje nema ni atmosfere ni vode. U tom je smislu među njima negativna analogija. Tako je na prvo pitanje odgovoreno ukazivanjem na pozitivne i negativne analogije te se odmah prelazi na drugo pitanje. Pod kojim okolnostima možemo, npr., zaključiti iz postojanja ljudi na Zemlji na njihovo postojanje na Mjeseću? Valjanost takvog zaključka ovisit će, prvo, o količini pozitivne analogije uspoređene s negativnom. Jednostavnije je reći, ovisit će o omjeru pozitivnih i negativnih analogija. Ako imamo razloga misliti da su svojstva u pozitivnoj analogiji kauzalno vezana (da govore u prilog postojanja ljudi na Mjeseću), zaključak će biti snažan. Ako, s druge strane, svojstva Mjeseća koja su dio negativne analogije kauzalno teže

sprječavanju prisutnosti ljudi na Mjesecu, zaključak će biti slab ili neće biti valjan. Treba primijetiti dva svojstva analogije: 1.) postoji odnos jedan na jedan identiteta ili razlike između svojstva jednog od analoga i odgovarajućeg svojstva drugog i 2.) odnos među svojstvima istog analoga je taj da su ona svojstva istog predmeta zajedno s kauzalnim odnosima među tim svojstvima. Vidimo da je zajedničko svojstvo analogija (a to će se vidjeti i na drugim primjerima) pojava dvije vrste dijadičkog odnosa. Hesse ih naziva vodoravnim i okomitim *odnosima*. To je još jedna, pokazat će se, vrlo korisna podjela. Tako horizontalni odnosi predstavljaju odnose identiteta i razlike, ili općenito, *sličnosti*, a vertikalni odnosi su, u većini slučajeva, *kauzalni*. (Hesse, 1966:59)

Primjer B. Uzmimo već spominjanu analogiju između svojstava svjetlosti i zvuka. Ovaj primjer se razlikuje od primjera A u tome što ovdje horizontalni odnosi nikad nisu identični, nego samo *slični*. Vertikalni odnosi su, kao i u primjeru A, uzročni. Ova vrsta analogije se, kao i A, može upotrebljavati u zaključcima od sličnosti u nekom smislu do sličnosti u smislu svojstva za koje se zna da pripada jednom analogu ali se ne zna pripada li i drugom. Npr. poznate sličnosti svojstava refleksije, refrakcije i intenziteta mogu voditi do predviđanja o svojstvima boje iz svojstava visine tona, ili iz svojstava zraka na svojstva „etera“. U primjeru B situacija je ipak kompliciranija nego u primjeru A, jer u početku ne mora biti očito koje svojstvo svjetlosti odgovara kojem svojstvu zvuka (zašto boja odgovara visini zvuka?). Ili je moguće da neko svojstvo zvuka nema korelata među svojstvima svjetlosti. U tom slučaju takvo svojstvo može biti izmišljeno („eter“ u početku nije *opažen* kao očiti korelat zraka, on je *postuliran* da popuni prazno mjesto korelata zraku). (Hesse, 1966:60-61)

Primjer C. Razmotrimo analogiju u klasifikacijskom sustavu kakvu prvi eksplicitno iznosi Aristotel.

<i>Genera</i>	PTICA	RIBA
	krilo	peraja
	pluća	škrge
	perje	ljuske
	⋮	⋮

Ovdje vodoravni odnos može biti jedna ili više sličnosti strukture ili funkcije. Okomiti odnosi mogu biti zamišljeni kao ništa više od onih cjeline i dijelova. Ili se mogu smatrati kao kauzalni odnosi koji ovise o nekoj teoriji ili međuodnosu dijelova određenim evolucijskim podrijetlom ili prilagodbom okolišu. U ovom posljednjem slučaju se analogija može

upotrebljavati prediktivno kao i u prethodnom primjeru da bi se tvrdilo, npr., od poznate strukture ptičjeg kostura na nedostajuće dijelove ribljeg kostura. (Hesse, 1966:61-62)

Primjer D. Na kraju, primjer upotrebljavan i zloupotrebljavan u političkoj retorici pokazuje pomoću kontrasta neke važne karakteristike tri prethodna primjera.

$$\frac{\text{otac}}{\text{djeca}} :: \frac{\text{država}}{\text{građani}}$$

Nekoliko je razlika između ovog i prethodnih primjera: 1. njegova je svrha prije *nagovaranje* nego *predviđanje*; 2. vertikalni odnos *nije* specifično kauzalan i 3. čini se da nema nikakvog horizontalnog odnosa sličnosti, osim zahvaljujući činjenici da su dva para povezana istom vertikalnom relacijom. To znači da nema horizontalnog odnosa *neovisnog* od vertikalnih odnosa. U tome se ovaj primjer razlikuje od prethodna tri primjera u kojima su horizontalni odnosi sličnosti neovisni o vertikalnim te mogu biti prepoznati prije nego što su poznati vertikalni odnosi. (Hesse, 1966:63-64)

Sada se može pokazati razliku između tipova analogije koji nas zanimaju i odnosa matematičke proporcionalnosti. Dvije vrste odnosa uvijek su se povezivale, grčka riječ za proporciju je „analogija“. Odnosi zaista imaju neke formalne sličnosti. Prikažimo odnos „*a* je prema *b* kao *c* prema *d*“ sa

$$\frac{a}{b} :: \frac{c}{d}$$

gdje su *a* i *b* bilo koja dva termina s popisa koji predstavlja analog u primjerima A, B i C, a *c* i *d* korespondirajuće termine uzete s druge liste. Npr. „visina je prema zvuku kao boja prema svjetlosti“ ili „krilo je prema perju kao peraja prema ljuskama“. Taj poopćeni analogni odnos ima sljedeće zajedničke formalne karakteristike s numeričkom proporcionalnošću. (Hesse, 1966:65) Želimo reći da je analogni odnos *refleksivan*, to znači

$$\frac{a}{b} :: \frac{a}{b}$$

iako je to trivijalan slučaj. *Simetričan*, je ako je

$$\frac{a}{b} :: \frac{c}{d} \text{ onda je } \frac{c}{d} :: \frac{a}{b}$$

Želimo reći da analognom odnosu možemo napraviti inverziju. Možemo usporediti aditivno svojstvo numeričke proporcije s rezultatima *logičke sume* termina analogije. (Hesse, 1966:65) Npr. možemo reći „svojstva zvuka odnose se na visinu zvuka kao što se svojstva svjetlosti odnose na boju“, gdje su „svojstva zvuka“ i „svojstva svjetlosti“ logičke sume termina s popisa. Lociranje korespondirajućeg termina u analogiji ima nekih sličnosti s pronalaženjem četvrtog termina proporcionalnosti (razmjera) kad su zadana prva tri termina. Tu sličnost između analogije i proporcije prestaje. Već peta sličnost nije kompletna, jer analogija ne mora davati jedinstven četvrti termin. Npr. možemo misliti da su ptičje noge i ptičji rep jednako dobri analozi za riblji rep, pa su, dakle, oba jednako podesna da budu četvrti termin. Sljedeća razlika između analogije i proporcije dolazi od činjenice da su vertikalni i horizontalni odnosi u proporciji odnosi iste vrste, ali u analogiji nisu. Na kraju, u analogiji nema tranzitivnosti. To je zbog ovisnosti analogije o sličnosti, jer obično nije slučaj da su dvije stvari koje su slične trećoj međusobno slične.

Primjeri od A do D ne iscrpljuju sve moguće tipove analogije i analognog argumenta. No, oni su dovoljni da pokažu okvir u kojem se pojavljuju analogije u znanstvenim modelima. Vidjeli smo da se analogija u fizikalnim teorijama upotrebljava u dva smisla: postoji korespondencija jedan na jedan među različitim interpretacijama iste formalne teorije koju možemo nazvati formalnom analogijom; zatim postoje predteorijske analogije među onim što je opazljivo, kao što su „svojstva zvuka odnose se na visinu zvuka kao što se svojstva svjetlosti odnose na boju“ koja omogućuju da se predviđa iz modela. Nazovimo ovaj drugi smisao *materijalnom analogijom*. Jasno je da ideja materijalne analogije stvara najviše problema, a upravo je taj tip analogije potreban ako je predviđanje iz modela moguće u jakom smislu. Već je jasno da ako analogija ima nekog smisla osim formalnog, mora postojati neka sličnost među vodoravnim terminima. Primjeri A i D uključuju dva ekstremna slučaja odnosa sličnosti. Primjer D je slučaj bez horizontalne sličnosti neovisne o vertikalnom odnosu i u tom je smislu usporedan *formalnoj* analogiji u znanosti. Tamo dva termina povezana analogijom ne trebaju imati druge sličnosti osim da su oba interpretacije istog termina formalne teorije, tj. da su odgovarajuća *relata* u *vertikalnoj* kauzalnoj mreži odnosa koji konstituiraju teoriju. Takve analogije su beskorisne jer nema sličnosti među odgovarajućim terminima. Na drugom kraju spektra u odnosu na sličnost nalazi se primjer A. Ovdje nemamo samo *sličnost* među svojstvima koja se odnose horizontalno u pozitivnoj analogiji, jer su ona *isto* svojstvo. To je u suprotnosti s parovima termina u drugim primjerima u kojima članovi para ne samo da nisu identični, nego često nije jasno u čemu se njihova sličnost sastoji ili koji termin analoga treba

staviti u par s čime zbog njihove sličnosti. Treba primijetiti da ako materijalne analogije između modela i eksplikanda trebaju predviđati, one moraju biti opažljive sličnosti među odgovarajućim terminima, a ne smiju ovisiti o teoriji *eksplikanduma*.

Kad se sličnosti prepoznaju, one se opisuju otprilike ovako: oba analoga imaju svojstvo B, ali dok prvi ima svojstvo A, drugi ima svojstvo C. Opća shema za naše primjere je:

ANALOG X	ANALOG Y
$A_1(x)B_1(x)$	$B_1(y)C_1(y)$
$A_2(x)B_2(x)$	$B_2(y)C_2(y)$
.	.
.	.
.	.

Nazovimo predikate A_1 , A_2 , B_1 itd. *karakterima*. Primjer A analogije postaje specijalni slučaj u kojem nema karaktera kao što su A i C koji se pojavljuju na jednom popisu, a ne na drugom. Primjer D je specijalni slučaj u kojemu nema karaktera kao što je B koji se pojavljuju na obje liste. Ali zašto stavljati karaktere u skupine umjesto da ih se stavi pojedinačno na listu kao identitete ili razlike između dvaju analoga kao u primjeru A? Razlog za ovakvu formulaciju nije fundamentalan, nego je povezan s načinom na koji se karakteri predočuju u pojedinoj fazi znanstvenog istraživanja.

Povežimo sada analogiju s modelima. U odjeljku 1.5.3. spomenuli smo da, za razliku od Braithwaitea, Hesse ne razlikuje semantiku teorijskih termina od semantike modela. Za nju modeli pružaju indirektno značenje koje imaju teorijski termini. Kako ekstrapolacija na osnovi modela objašnjava kako teorije rastu, interes Hesse za semantiku teorijskih termina vodi je u temu znanstvenog otkrića. T. Hickey, navodeći podjelu analogije, primjećuje da je pozitivna analogija ona koja je i uzrokovala *primjećivanje analogije*. (Hickey, 2005:38) Eksplanatorni potencijal neutralne analogije za razvoj teorija još je nepoznat. Neutralna analogija ima *stratešku važnost*. Ona je semantika, interpretacija koju daje je višak značenja. Također Hesse, primjećuje Prema Hickeyu, značenje ima svojstvo otvorenosti teksture. Eksploatacija modela otkrića sastoji se u istraživanju neutralne analogije, jer ona sugerira modifikacije i razvoje teorije koji mogu biti testirani empirijski. Što se tiče kvantne fizike, što je valnom modelu *pozitivna analogija* to je čestičnom modelu *negativna analogija* i obrnuto. Kako u tim modelima ima još svojstava koja fizičari ne znaju klasificirati kao pozitivna ili negativna, tako su oba modela još esencijalna.

Teza da analogijom kreirani model daje nedoslovnu interpretaciju teorijskih objašnjenja vodi Hesse u razmatranje semantike metaforičkog jezika. U djelu *Construction of Reality* ona povezuje ideje Blacka i Wittgensteina, tj. teoriju značenja obiteljskih sličnosti. „Značenje teorijskih pojmova je dano analogijama s poznatim prirodnim procesima ili hipotetskim modelima (npr. Bohrov planetarni sustav). U oba slučaja deskriptivni pojmovi analogo su derivirani metaforički iz svakodnevnog govora.“ (Hesse, 2000:304-5)

Modeli u fizici i kemiji služili su tome da uvedu neopažljive entitete i procese u teoriju analogijom s poznatim opažljivim entitetima i procesima, tako pribavljajući slike eksplanatornih entiteta za koje se smatralo da se nalaze iza fenomena. (Hesse, 2000:300) Autorica kritizira semantičare pišući: „I Giere i van Fraassen nastavljaju zanemarivati probleme promjene teorije i izbora modela, prepuštajući ih ili kognitivnoj neurofiziologiji, ili općoj filozofiji percepcije i jezika.“ (Hesse, 2000:303; vidi 2.4)

„Dvije dogme“ semantičkog pogleda su: prevelika koncentracija na ontologiju i realizam po cijenu zanemarivanja lingvističkih i epistemoloških pitanja iz filozofije znanosti te naglasak na statičnim, „priručničkim“ formulacijama teorije.

Ključno pitanje glasi: koja je razlika između modela i teorije? Teorija uzima u obzir samo pozitivne analogije, a model i pozitivne i neutralne. Također, teorija je parcijalna interpretacija, a model je potpuna interpretacija deduktivnog sustava. (Hesse, 1966:10) Dobro može predviđati teorija s modelima (analogijom), a slabo *formalna teorija*. Hesse na brojne načine pokazuje važnost modela i analogija i u razvijenoj teoriji. Preduvjet je da se teorija shvati kao nešto dinamično. Toga uvjeta, naravno, nema kod mlade, nezrele teorije. Modeli bolje interpretiraju teorije od *ad hoc* interpretacija, a bolje interpretirane teorije bolje predviđaju. Model ne mora biti odbačen zato što se ustanovilo da je neka neutralna analogija negativna. Neutralne analogije su stalni izvor metafora.

2.4. P. Suppes, B. van Fraassen i semantičari

Od pedesetih godina prošlog stoljeća filozofi znanosti sve više osjećaju da klasični pogled na teorije, prema kojemu je teorija jezični entitet, ne može dobro prikazati stvarnu znanost.

Preteča alternativnog, još uvijek formalnog, pogleda je E. Beth koji počinje na znanstvene teorije primjenjivati semantičke ideje, prije svega ideje A. Tarskog, ali i Carnapa (formalna semantika) i von Neumanna (temelji kvantne fizike). Ako se taj alternativni pogled može nazvati semantičkim, onda se klasični može nazvati sintaktičkim. Osnovna razlika između ta dva pogleda je da prema sintaktičkom pogledu: *teorija je deduktivni sustav formuliran u formalnom jeziku*, a prema semantičkom pogledu: *teorija je skup modela i bilo koji jezik može egzaktno opisati kakvi su modeli*.

Zašto ime semantički pogled? Tako shvaćena teorija je skup odnosa prema nečemu izvanjezičnom. To izvanjezično, a ne sama teorija, ima strukturu. Prema sintaktičkom pogledu pak teorija se sastoji od unutarjezičnih odnosa te se djelomično interpretira. Ne treba zaboraviti da se razlika aksiomatskog sustava i korespondencijskih pravila (razlika koju kao dio racionalne rekonstrukcije zagovara Carnap u *Der logische Aufbau*), može prikazati i kao razlikovanje analitičkog i sintetičkog. To razlikovanje kao jednu od dvije dogme empirizma kritizira W. V. O. Quine.

U sljedeća dva odjeljka, a u vezi s ovom raspravom, kratko će se prikazati ključna mjesta kod P. Suppesa i B. van Fraassena.

2.4.1. Semantički pogled na teorije: P. Suppes

Patrick Suppes poznat je kao otac „semantičkog pogleda“ na znanstvene teorije. Za tu temu, više nego njegove knjige, naročito su važna sljedeća dva teksta: „A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences“ (Suppes, 1961:163-177) i „Models of Data“ (Suppes, 1962:252-267). On piše: „S mog motrišta postoje dva razloga fundamentalnog karaktera za naglašavanje uloge formalnih metoda u sustavnoj raspravi u filozofiji znanosti. Prvo, poželjno je da svaka široka diskusija ima fiksirani okvir referencije ili fiksiranu opću metodu koja može biti iskorištena za organizaciju i kritiku raznolikosti ponuđenih doktrina. Formalne metode teorije skupova pružaju takav opći okvir rasprave o sustavnim problemima filozofije znanosti. [...] Vrlina pristupa teorije skupova je ta da ona može lako odgovoriti na česte kritike umjetnih jezika koji se uobičajeno uvode u filozofiju znanosti, tj. da takvi jezici nisu dostatno snažni da bi izrazili većinu znanstvenih rezultata. Sredstva teorije skupova i okvir koji upotrebljavamo dovoljno su snažni da lako izraze bilo koji od sustavnih rezultata u bilo kojoj grani empirijske znanosti ili u općoj logici znanosti. Drugi razlog za obranu formalnih metoda u filozofiji znanosti jest uvjerenje da ni

zdravorazumski pristup ni pristup umjetnih jezika problemima evidencije nisu adekvatni. Oba ova pristupa pružaju i suviše pojednostavljen prikaz vrlo kompleksnih i tehnički zakučastih praktičnih problema procjene evidencije u empirijskim znanostima.“ (Suppes, 2002:1-2)

Prva napomena nije sporna, formaliziranje zaista pruža okvir unutar kojeg se može voditi rasprava, a druga je napomena možda sporna. Nije naime razvidno zašto bi teorija skupova pružala „veću ekspresivnu snagu“? U sintaktičkom pogledu imamo „šupljinu“ forme koju treba popuniti interpretacijom. U semantičkom pogledu nije jasno je li „ekspresivna snaga“ bilo što „semantičko“. Izražajna moć bilo kojeg jezika opisuje ideje koje se mogu izraziti u samom tom jeziku. Sintaktički pogled, ukratko aksiomi s veznim načelima/interpretacijama, očito ne pruža adekvatnu semantiku za formalni račun, dok bi semantički pristup baš tim svojstvom izražajne moći jezika to omogućio.

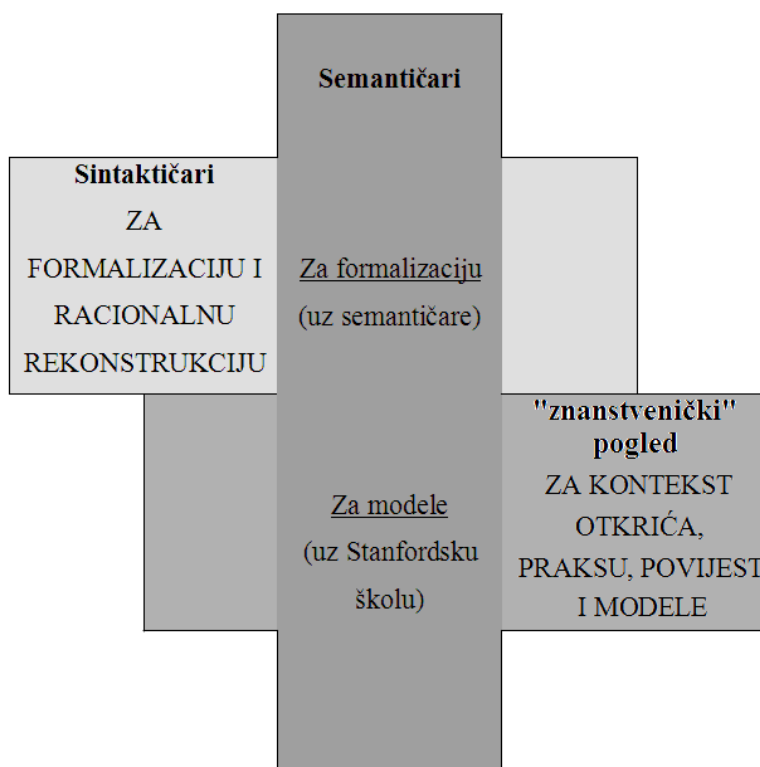
„Upravo nasuprot pitanjima o neposrednim empirijskim opažanjima, prirodno je s logičkog stajališta govoriti o modelima teorije. Ti modeli su apstraktni nejezični entiteti, često konceptualno udaljeni od empirijskih opažanja.“ (Suppes, 2002:3)

Sintaktički pogled znanstvenu teoriju dijeli na dva dijela. Prvi dio je formaliziran, to su aksiomi za koje vrijede sintaktička pravila. Međutim, drugi dio se ne može formalizirati u skladu s dosezima suvremene logike. Da bi se drugi dio moglo formalizirati, ne može se direktno govoriti o empirijskim opažanjima nego se mora govoriti o „modelima teorije“. (Suppes, 2002:3) Naizgled Suppes nastavlja na projekt logičkog empirizma i pozitivizma zahtijevajući još više formalizacije tako da se čini paradoksalnim da je njegova zamisao modela tako reći suprotna idejama Stanfordske škole (vidi Sliku 1.).

Drugi dio teorije, prema sintaktičkom pogledu, jest skup pravila koja pridaju empirijski sadržaj logičkom računu pružajući ono što se uobičajeno naziva *koordinirajućim definicijama* ili empirijskim interpretacijama, barem za neke od primitivnih i definiranih simbola računa. Uvijek se naglašava da prvi dio teorije nije dovoljan da bi je sam definirao, jer bez sustavne specifikacije namjeravane empirijske interpretacije teorije nije moguće vrednovati teoriju kao dio znanosti, iako ona može biti proučavana kao dio čiste matematike. Najupečatljivije u tome je njezina vrlo shematska narav. Što se tiče prvog dijela teorije praktično nema pravih primjera. Uobičajena obrana relativno nejasne ponuđene sheme je da raznolikost različitih empirijskih interpretacija, npr. mnogih raznih metoda mjerenja mase, čini preciznu karakterizaciju teškom. Štoviše, kad napredujemo od precizno formulirane

teorije do vrlo neprecizne vrste eksperimentalnog jezika koju upotrebljavaju gotovo svi znanstvenici, teško je nametnuti određeni uzorak na pravila empirijske interpretacije.

Ovo je razlog zbog kojeg se drugi dio teorije mora moći formalizirati. Da bi to bilo moguće račun teorije se ne interpretira pomoću empirijskih opažanja nego pomoću modela teorije. Ovdje nije samo vidljiva nužnost „modela teorije“ nego i razlog za njihovo uvođenje, tako reći genealogija znanstvene procedure.



Slika 1. Odnos sintaktičara, „znanstveničkog“ pogleda i semantičara

Je li moguće pojasniti pojam modela, onako kako je to htio Suppes 1961. godine? Formalizacija je logička metoda. A modeliranje? Kad Suppes kaže da njegov „tekst o modelima podataka predstavlja nastojanje da se kombinira moj interes za aksiomatsko temeljenje s problemom razumijevanja toga kako razmišljati o analizi eksperimentalnih podataka na formalniji način,“ on očito misli da kombinira dvije različite stvari. (Suppe, 1989:9)

Shvaćanje znanstvenog modela može se podijeliti u dvije skupine. U jednoj je shvaćanje prema kojemu je znanstveni model analogan modelima iz matematičke teorije ili iz logike (Tarskog), a u drugoj su sva ostala shvaćanja modela (vidi sliku 1). Treba primijetiti da svi oni koje zanimaju modeli ne polaze od *razumijevanja*. Ako modeli nisu jezični entiteti, onda su entiteti teorije skupova. Suppes povezuje matematiku i empirijske znanosti – model je moguća realizacija teorije i onaj model koji zadovoljava taj uvjet kao i uvjet da je usklađen s podacima, mjerenjima i eksperimentom potvrđuje teoriju. On je prvi pokušao znanstvene modele gledati na način matematičkih modela. Do toga je došao pomoću tri očito nužna elementa: a) aksiomatizacijom je teorije približio matematici; b) uočio je da se u znanosti često spominju modeli i c) povezao je a) i b) s modelima iz matematičke logike u kojoj je ideja modela sveprisutna.

Pitanje koje se postavlja je, konstituira li zaista moguća realizacija ove teorije, u smislu entiteta definiranih u uskoj vezi s eksperimentima, model teorije? Ili, drugim riječima, možda jednostavnije, korespondiraju li dobro modeli orbitalne teorije atoma s podacima dobivenim eksperimentima s atomskim fenomenima? Istina je da mnogi fizičari žele misliti o modelu orbitalne teorije atoma kao o nečemu što je više od određene vrste entiteta teorije skupova. Oni ga zamišljaju kao vrlo konkretnu stvar konstruiranu na analogiji sunčevog sustava. Međutim, nema stvarne inkompatibilnosti između tih dvaju pogleda. Definirati model kao entitet teorije skupova koji je određena vrsta uređene „strukosti“³ koji se sastoji od skupa predmeta, odnosa i operacija na tim predmetima ne znači da treba odbaciti model one vrste koji se sviđa fizičarima, jer se može jednostavno uzeti da model definira skup predmeta u modelu teorije skupova. (Suppe, 1989:9)

U tekstu „What is a Scientific Theory“ Suppes kritizira sintaktički pogled (on ga zove *sketch*): 1) da je samo skica, da ima vrlo izražen shematski karakter i 2) da nema baš primjera u stvarnoj znanosti. (Suppes, 1967)

Uobičajeno je govoriti o skupu rečenica kao o strukturi koja se sastoji od rečenica, npr., opis, ili priča. No, to nije jedina vrsta struktura, postoje i modeli, koji su ono što jezične strukture mogu opisati. Oni su moguće realizacije, pa je u tome smislu svaki opis teorija.

³ engl. „tuple“, kao u „dvostrukosti“, „trostrukosti“, „višestrukosti“ / „multiple“, itd.

2.4.2. Spasiti fenomene: B. van Fraassen

Prije no što prikazemo van Fraassenovu filozofiju znanosti valja pojasniti podjelu nekih do sada spomenutih stajališta s obzirom na razliku realizam/antirealizam i modeli za/protiv (vidi tablicu 2).

Tablica 2. Podjela stajališta prema varijablama realizam-antirealizam i modeli za/protiv

	S OBZIROM NA TEORIJSKE TERMINE	
	REALIZAM	ANTIREALIZAM
ZA MODELE	Cartwright	van Fraassen
PROTIV MODELA	---	Duhem

Van Fraassenovo stajalište o modelima može nam pomoći pokazati da Duhem uopće nije bio protiv modela onako kako ih se danas razumije. S druge strane također se može pokazati da Cartwright nije antirealist kao što sama misli, a to ćemo kasnije i vidjeti.

U djelu *The Scientific Image* van Fraassen izlaže svoju inačicu antirealizma. Djelo započinje prikazom realizma aristotelovske tradicije: „U toj tradiciji realisti drže da pravilnosti prirodnih fenomena moraju imati razlog (uzrok, objašnjenje), a oni taj razlog nalaze u uzročnim svojstvima koja konstituiraju ono što zovu supstancijalne forme ili naravi supstancija uključenih u prirodne procese.“ (van Fraassen, 1980:1)

Ono što je ovdje zanimljivo jest da nije sporna polazna točka nego rješenje, tj. može li se objasniti pravilnosti opažene u prirodi i bez postuliranja takvih „okultnih“ svojstava? Filozofi koji su razvijali filozofske temelje moderne znanosti, mislili su da su pronašli i drukčije rješenje. Opažene pravilnosti u prirodi može se objasniti i pomoću mehaničkih svojstava. Međutim, nominalizam kao treća opcija odbacuje samu mogućnost takvog objašnjenja. Pojednostavljeno rečeno, kasniji filozofi znanosti uviđaju da se ipak mora ili prihvatiti nominalizam, ili neke metafizičke pretpostavke, a to nije bilo u skladu s ambicijama empirizma. Van Fraassen smatra da su svi dosadašnji pokušaji da se riješi taj problem bili neuspješni. Ti pokušaji su, u 19. stoljeću: fenomenalizam E. Macha, konvencionalizam H. Poincaréa i fikcionalizam P. Duhema, a u 20. stoljeću: logički empirizam H. Reichenbacha i logički pozitivizam R. Carnapa.

Prema van Fraassenu, empirizam zahtijeva od teorija samo da pruže istinit prikaz onog što je opažljivo uzimajući u obzir daljnju postuliranu strukturu kao sredstvo za taj cilj tako da postulati, da bi služili ciljevima znanosti, ne moraju biti istiniti osim kad govore o onome što je stvarno i empirijski potvrdljivo. Za van Fraassena: „Znanstvena aktivnost je aktivnost konstruiranja, a ne otkrića: konstruiranje modela koji moraju biti adekvatni fenomenima, a ne otkriće istine koja se odnosi na neopažljivo.“ (van Fraassen, 1980:5)

Svoj pogled van Fraassen naziva *konstruktivnim empirizmom*. To je inačica semantičkog pogleda na znanstvene teorije.

Van Fraassenov antirealizam može se sažeti ovako: svi izvještaji o mjerenjima fenomena moraju biti izomorfni jednom od modela strukture (teorije). To je antirealizam pod uvjetom da je gornji kriterij dovoljan. Van Fraassen tvrdi da za realizam prihvaćanje teorije uključuje vjerovanje da je ona doslovno istinita. Nasuprot tome za antirealizam prihvaćanje teorije uključuje nešto manje ili drukčije od *vjerovanja* da je istinita.

Za razliku od van Fraassenove inačice antirealizma, F. Suppe zastupa antirealizam koji vjeruje da je teorija istinita (ili tome teži), ali ne doslovno. A to znači, ne kakav svijet *jest*, nego kakav bi *trebao biti* pod određenim okolnostima. Naime, tvrdi Suppe, formule ili rečenice teorije su interpretirane kao da daju protučinjeničnu karakterizaciju fenomena, a to preko preslikavajućeg odnosa između strukture teorije i fenomena koji je protučinjeničan. Međutim, to je antirealizam samo prema van Fraassenovoj interpretaciji. Suppe to zove kvazi-realizmom. Reklo bi se da je jedina razlika između realizma koji zastupa Suppe i pravog realizma u *doslovnosti*.

Van Fraassen očigledno misli da čisti empirist mora biti antirealist. Kad Suppe kritizira van Fraassenovu poziciju, on prije svega kritizira van Fraassenovu podjelu opažljivo/neopažljivo, ali posredno i *svaku* podjelu opažljivo/neopažljivo.

Interpretirati teoriju, za van Fraassena, znači odgovoriti na pitanje, kako je moguće da je svijet takav kakav teorija kaže da jest? Takva zadaća pretpostavlja da teorija kaže nešto o tome kakav je svijet, ili općenitije, da teorija reprezentira svijet (ili dio) kao takav i takav.

Van Fraassena zanima mogućnost empirističke verzije strukturalizma u filozofiji znanosti. A taj *strukturalizam* započinje s *Bildtheorie*: s jedne strane je empirija, a s druge slika kao struktura ili *Gestalt*. „Da bismo razumjeli znanost, trebamo joj prići iz raznih smjerova.“ (van Fraassen, 2008:1) Također treba primijetiti značenje promjene od modela kao

nećeg mentalnog kod Boltzmanna do modela kao nećega materijalnog i javnog kod van Fraassena.

Empirizam je filozofski stav o suzdržavanju od proširenja objašnjenja do metafizike. Empirijske znanosti su paradigma racionalnog istraživanja. Empirijski strukturalizam se oslanja na *Bildtheorie*. Boltzmann govori o unutarnjoj slici (*inneres Bild*). On kaže da je misao kao model. Van Fraassen kaže da je „mentalna reprezentacija“ besmislica (*oksimoron*). (van Fraassen, 2008:345) Ali mentalna reprezentacija je, kao što kaže Boltzmann, slika. No, tu je *slika* metafora. Pa ipak, svima je jasno što se time misli. Naslikana slika je reprezentacija slike koju *vidimo*. No, van Fraassen kaže da je reprezentacija samo stvar koja reprezentira drugu. (van Fraassen, 2008:23) Za njega mentalna reprezentacija nema javnu uporabu (a na privatnu stavlja ograničenje iz tzv. *argumenta privatnog jezika*).

Nakon gotovo tri desetljeća Van Fraassen korigira svoje ranije semantičko shvaćanje: odnos modela i fenomena koji on reprezentira nije dijadni odnos izomorfizma dvaju struktura nego je to sada trijadni odnos. Njegova glavna misao (*Hauptsatz*) je da „[n]ema reprezentacije osim u smislu da se neke stvari koristi, čini ili uzima kao da reprezentiraju neke druge stvari kao takve i takve.“ (van Fraassen, 2008:23) Tu je naglasak na upotrebi ili korištenju.

Eleatski stranac podsjeća Teeteta (*Sofist* 235d-236a) da kipar neki put mora *deformirati* da bi uspješno prikazao. To govori protiv jednostavne sličnosti i izomorfizma. Van Fraassen tako započinje *Scientific Representation* Goodmanovom kritikom sličnosti. Stvari treba prikazati kao takve i takve za neku svrhu.

Glede razlike između semantičkog i pragmatičkog pristupa, van Fraassen kaže da je razlika samo u naglasku: kod semantičara na samom modelu, a kod pragmatičara na modeliranju. (van Fraassen, 2008:311) Oba naglasaka su važna za razumijevanje znanosti. Van Fraassen to uspoređuje s mjerenjem *odozgo* i mjerenjem *iznutra* (mjerenje je također reprezentacija). Pogled *odozgo* je da znanost reprezentira tako da nudi (prezentira) modele koji reprezentiraju fenomene.

Scientific Representation pripada posljednjem razdoblju van Fraassenove ustrajne obrane empirizma od znanstvenog realizma. „Konstruktivni empirizam“ – antirealistički pogled koji je prvi put branjen u *The Scientific Image* – mora biti modificiran da bi se u njega smjestilo prikladnu ideju reprezentacije. Modifikaciju van Fraassen naziva „empiristički strukturalizam“, a M. Suárez „strukturni empirizam“. Unatoč određenim neslaganjima, Suárez (koji zastupa vlastiti pogled na trijadni odnos reprezentacije) prihvaća novo van

Fraassenovo gledište koje upućuje na potpunu pragmatističku koncepciju znanosti. (Suárez, 2009)

Odnos konstruktivnog empirizma prema cilju znanosti sadržan je u sloganu: znanost teži tome da nam pruži empirijski adekvatne teorije, a prihvaćanje teorije uključuje samo vjerovanje da je empirijski adekvatna. Van Fraassen drži da empirijska adekvatnost teorije bitno ovisi o distinkciji između opažljivih i neopažljivih domena svijeta. Teorija je istinita ako doslovno pouzdano opisuje svijet, a empirijski je adekvatna ako pouzdano opisuje opažljivi dio svijeta. Tako pogrešna teorija može biti empirijski adekvatna. Prema prikladnoj semantičkoj koncepciji, teorija je skup matematičkih struktura: „Predstaviti teoriju znači specificirati obitelj struktura, njezinih modela. I drugo, specificirati neke dijelove tih modela (empirijske podstrukture) kao kandidate za izravnu reprezentaciju opažljivih fenomena.“ (van Fraassen, 1980:64) Tada možemo reći da je teorija *istinita* ako je izomorfna svijetu, a *empirijski adekvatna* ako je neka od njezinih podstrukture izomorfna opažljivom dijelu svijeta.

Takva koncepcija istinitosti teorije i empirijske adekvatnosti je u napetosti s točnim prikazom znanstvene reprezentacije. Rečenica neposredno nakon prethodnog citata glasi: „Strukture koje se može opisati u izvještajima o eksperimentima i mjerenjima zovemo pojavama. Teorija je empirijski adekvatna ako ima neki model takav da su sve pojave izomorfne empirijskim substrukturama tog modela.“ (van Fraassen, 1980:64) Prema tome empirijsku adekvatnost teorije treba shvatiti kao izomorfizam fenomenoloških i empirijskih substrukture teorije. Znanstvena reprezentacija jest izomorfizam. Konstruktivni empirizam uvjetuje da prihvaćanje teorije implicira vjerovanje da teorija strukturno usađuje, tj. reprezentira opažljive fenomene.

Van Fraassenovi komentatori i kritičari pretpostavljaju da njegova verzija semantičkog pogleda zahtijeva *izomorfističku* koncepciju znanstvene reprezentacije. To je navelo S. Frencha da odgovori tvrdeći da je izomorfizam nužan i dovoljan uvjet reprezentacije općenito. (French, 2003) *Scientific Representation* jasno pokazuje da to nije i van Fraassenovo mišljenje. On se slaže s onima koji misle da se reprezentaciju ne može definirati pomoću nužnih i dovoljnih uvjeta: to nije vrsta ideje za koju je potrebna neka teorija. Umjesto toga, reprezentacija je povezana s *uporabom*.

Međutim, prepoznavanje fundamentalne uloge uporabe u znanstvenoj reprezentaciji stvara probleme konstruktivnom empirizmu. U *Scientific Representation* van Fraassen radi

određene ustupke eksperimentalizmu Stanfordske škole uvođenjem nove distinkcije između opažljivih *fenomena* i *pojava*. Uvođenje trijadnog modela (teorija – fenomen – pojava) je motivirano istovremeno autonomijom eksperimenta i na uporabi temeljenoj koncepciji reprezentacije. Opažljivi fenomeni su u osnovi pojava. To su rezultati mjernih procedura, zabilježeni u raznim modelima podataka i rutinski korišteni da bi se reprezentiralo fenomene. No, reprezentacija na toj razini ne može biti izomorfizam, jer, dok su modeli podataka matematičke strukture, fenomeni su stvarni entiteti i procesi u fizičkom svijetu. Upravo pojave reprezentiraju fenomene u propisanom uporabnom smislu reprezentacije – u danom kontekstu i za potrebne svrhe. Nije potreban dokaz izomorfizma ili sličnosti. Za korisnike modela podataka nema smisla poricati da model reprezentira fenomen – jer je takva tvrdnja ugrađena u samu njihovu upotrebu. (usp. van Fraassen, 2008:250-261) Teorija je tako adekvatna ako ugrađuje pojave – i to više ne uključuje implikaciju da se mora pokazati da podstruktura teorije mora biti izomorfna *fenomenu*. „Spašavanje fenomena“ je postalo „usađivanje pojava koje reprezentiraju fenomene“. Usvajanje trijadnog modela – i posljedično odbacivanje dihotomije teorija - fenomen – pretvara konstruktivni empirizam u strukturni empirizam. (Suárez, 2009)

U literaturi jača konsenzus o tome da reprezentacija ne može biti naturalizirana, reducirana ili definirana, bilo kao svojstvo predmeta koji stoje u reprezentacijskom odnosu, bilo kao svojstvo intencionalnosti djelatnika koji ih upotrebljavaju. Umjesto toga, reprezentacija se temelji na reprezentacijskim uporabama pojedinih zajednica, pa daljnja redukcija nije ni moguća ni potrebna. U početku se može činiti da to proturječi semantičkom pogledu na znanstvene teorije, što van Fraassen uspješno opovrgava. (van Fraassen, 2008:309-11) Semantička koncepcija je pogled na predmete koji su znanstvene teorije, on po sebi ne kaže ništa o naravi reprezentacije o kojoj je najbolje misliti kao o aktivnosti. Predmet – teorija – je u najboljem slučaju proizvod aktivnosti – reprezentacije. No, karakterizirati aktivnost pomoću njezinog proizvoda je kategorijska pogreška u nekim slučajevima. Preciznije, pogreška je u tome da svako svojstvo aktivnosti mora imati korelat u proizvodu i obrnuto, a to je pogrešno za neke aktivnosti. Neke aktivnosti jednostavno nemaju proizvod (vožnja bicikla), a one koja imaju (slikanje, kuhanje) ne zadovoljavaju uvjet korelacije aktivnosti i proizvoda. Mišljenje da semantička koncepcija teorija ima za nužnu posljedicu poseban pogled na reprezentaciju čini istu takvu kategorijsku pogrešku.

Reprezentacija je, prema Suárezu, *aktivnost koju izvodi zajednica angažirana kolektivnom društvenom praksom* – a temeljne norme prakse određuju reprezentacijske izvore

i ciljeve. *Intencionalna* koncepcija, nasuprot, drži da su izvori i ciljevi određeni nekim intencionalnim stanjem nekog djelatnika, bez obzira na zajednicu, praksu i namjeravane ili nenamjeravane uporabe. Prema takvom pogledu, koji ima svoje izvore u pisanju Brentana i fenomenologijskoj tradiciji, nužno je da je reprezentacija svojstvo pojedinaca. Van Fraassen se protivi takvom pogledu, za njega je reprezentacija javna stvar.

2.4.3. Drugi semantičari (F. Suppe, N. Da Costa, S. French)

2.4.3.1. Struktura znanstvenih teorija: F. Suppe

Prekretnica u razumijevanju znanstvenih teorija bio je simpozij o strukturi znanstvenih teorija održan u Urbani (Illinois) 1969. godine. Tamo je odbačen tzv. *prihvaćeni pogled na znanstvene teorije*. To ime mu je dao H. Putnam. (Putnam, 1962; Sesardić (ur.), 1985) Radi se o onome što smo već nazvali klasičnim, a što će se kasnije nazvati sintaktičkim pogledom na znanstvene teorije. F. Suppe ima važnu ulogu u recepciji tog događaja. Uvod zborniku radova s tog simpozija započinje ovim sada već slavim (ili *zloglasnim*) riječima: „Ako se za ijedan problem filozofije znanosti opravdano može tvrditi da je središnji ili najvažniji, onda je to onaj o naravi i strukturi znanstvenih teorija, uključujući različite uloge koje teorije imaju u znanstvenom pothvatu. Jer teorije su nositelji znanstvenog znanja i na jedan ili drugi način postaju upletene u većinu aspekata znanstvenog pothvata. Samo je malo pretjerana tvrdnja da filozofija znanosti nije ništa više od analize teorija i njihovih uloga u znanstvenom pothvatu.“ (Suppe, 1977:3)

Suppe tvrdi: „Prihvaćeni pogled na teorije bio je epistemičko srce logičkog pozitivizma.“ (Suppe, 2000:102) *Prihvaćeni pogled* je odbačen zato što: 1) je njegovo razlikovanje opazljivog i teorijskog bilo neodrživo; 2) korespondencijska su pravila bila heterogena zbrka odnosa značenja, eksperimentalnog plana, mjerenja i uzročnih odnosa od kojih neki nisu pravi dijelovi teorije; 3) teorije nisu aksiomatski sustavi; 4) simbolička logika nije prikladan formalizam; 5) teorije nisu jezični entiteti i zato teorije nisu ispravno individuirane.

Umjesto „prihvaćenog pogleda“ predložen je pogled koji se naziva semantičkim: „*semantička koncepcija* identificira teorije s određenim vrstama apstraktnih teorijskih struktura, kao što su konfigurirani prostori stanja (*state space*) koji stoje u preslikavajućem (*mapping*) odnosu prema fenomenu. Teorijske strukture kao i fenomeni su referenti *jezičnih*

teorijskih formulacija. Osnovna je ideja da se teorijske strukture identificiraju s prikladno povezanim obiteljima modela.“ (Suppe, 2000:105)

Semantički pogled zaobilazi neke probleme *prihvaćenog pogleda*: 1) izbjegnuta su korespondencijska pravila; 2) nije potrebno razlikovati opazljivo i neopazljivo; 3) ne pojavljuju se artefakti formalizama i 4) bolje individuira teorije.

Suppe dalje nabroja uspjehe semantičkog pogleda, a ovdje su pojašnjena samo tri najvažnija: 1) odbacivanje pravila korespondencije pokazalo nam je mnogo bolje kako se teorije i modeli spajaju s prirodom. Suppe tu najzaslužnijim smatra Suppesa, koji je pokazao da je „veza između teorije i eksperimenta posredovana nededuktivnom hijerarhijom modela uključujući modele eksperimenta, modele podataka, planiranje eksperimenta i ceteris paribus uvjete.“ (Suppe, 2000:105) 2) Suppe podupire van Fraassenovo rješenje problema potpune semantičke interpretacije jezika teorije bez pretjeranih ontoloških obveza. Van Fraassenovo rješenje su polu-interpretirani jezici gdje se jezici interpretiraju kao da referiraju na „logičke prostore“ koji daju potpunu semantičku interpretaciju jezika. (van Fraassen, 1967) 3) Semantički pogled utječe i na raspravu realista i antirealista. I tu Suppe vidi znatan utjecaj van Fraassena. Polu-interpretirani jezici odvajaju potpunu semantičku interpretaciju od ontoloških obveza. „Unutar nečije ontološke obveze, empirijska adekvatnost je ekvivalentna empirijskoj istini. Antirealizam je tako samo realizam oslabljen do dosega nečije ontološke obveze.“ (Suppe, 2000:107) Suppe umjesto realizma i van Fraassenovog antirealizma nudi svoj kvazi-*realizam* koji se sastoji u ontološkoj obvezi prema svim varijablama koje se mogu otkriti te u tvrdnji da empirijski istinite teorije daju protučinjenične karakterizacije o tome kako bi se sustavi ponašali kada bi bili izolirani od utjecaja koji nisu eksplicitno uzeti u obzir teorijom. (Suppe, 1989 i Suppe, 2000:107)

Trideset godina nakon simpozija Suppe znanstvene modele doživljava ovako: „Modeli su u srcu znanstvenog eksperimentiranja, opažanja, instrumentacije i planiranja eksperimenta. Podatci su tipično nedovoljni ili su krive vrste, pa je potrebno modeliranje da bi ih se interpretiralo na znanstveno smislene načine. Takvo modeliranje dodaje pretpostavke na mjestu podataka da bi se dobilo strukturu koju se može interpretirati. Pretpostavke su obično neosnovane, *mekane* ili pogrešne. Modeliranje i planiranje eksperimenta uvode artefakte među podatke koje se može pokušati odstraniti kontrolom eksperimenta. [...] Raznolikost tehnika modeliranja određuje koji aspekti modela podataka su stvarni efekti a koji artefakti. Utjecanje neosnovanim ili pogrešnim pretpostavkama ne sprečava modele da budu nositelji

znanstvenog znanja tako dugo dok su tvrdnje ograničene na aspekte stvarnih efekata.“ (Suppe, 2000:110)

Teorije su, prema Suppeu, modeli za svoje opise. Modeli nisu opisi nego su nejezične strukture koje se mogu opisati. Strukture teorija su izvanjezični, matematički entiteti. Njihova zadaća je da specificiraju prihvatljiva ponašanja sustava tranzicije stanja (*state transition systems* ili *admissible change-of-state patterns*). (Suppe, 1977:4) To među ostalim znači da nam struktura teorije omogućuje predviđanje.

Svoju rezolutno iznesenu tezu da je samo malo pretjerana tvrdnja da filozofija znanosti nije ništa više od analize teorija, Suppe kasnije napušta: „Danas su modeli nositelji znanstvenog znanja.“ (Suppe, 2000:109) Tako se on pridružio onima koje kritizira M. Morrison. Ona kaže: „Dijelom kao rezultat semantičkog pogleda na teorije i reagiranja na njega, dosta pažnje se posvetilo ulozi modela u znanstvenoj praksi. Semantički pogled na teorije nije, iza većine svojih krinki, uopće o teorijama, nego o modelima, jer su prvi definirani isključivo pomoću drugih.“ (Morrison, 2007:195)

No, nastavlja ona, „ono što tipično zovemo 'znanstvenim znanjem' nije potpuno obuhvaćeno ignoriranjem uloge teorije ili reduciranjem teorije na modele.“ (Morrison, 2007:196) Jedan od razloga je da semantički pogled „tvrdeći da reprezentira strukturu znanstvenih teorija obuhvaćanjem elemenata logičarske ideje modela, završava na ničijoj zemlji, jer nije ni primjena prikaza [modela] Tarskog ni teorija znanstvenog modeliranja.“ (Morrison, 2007:197) Morrison time ukazuje da pothvat kojim je semantički pogled htio izbjeći pogreške prihvaćenog pogleda, nije dovršen.

2.4.3.2. Djelomični izomorfizam: N. da Costa i S. French

Posljedicama simpozija u Urbani i zbornika *The Structure of Scientific Theories* bavili su se i N. da Costa i S. French. (da Costa i French, 2000) Oni drže da je *semantički pogled* ugrožen, ali ne nekom obnovom *sintaktičkog pogleda*, nego razvojem „znanstveničkog“ pogleda. Najveći problem filozofije znanosti, za da Costu i Frencha, je *reprezentacija znanstvene prakse*. Nemoguće je razumjeti stvarnu znanstvenu praksu bez određenoga formalnog okvira. „Bez jasnog ujedinjujućeg okvira, naš prikaz [znanstvene prakse] kolabira u suho recitiranje 'činjenica' prakse – vrstu sirovog pozitivizma na meta-razini.“ (da Costa i French, 2000:126)

Da Costa i French nude svoju verziju semantičkog pogleda. (da Costa i French, 2003) Oni uočavaju pokušaje naturalista da daju prikaz „lokalnog“ karaktera proizvodnje znanja i fragmentiranosti reprezentacija i eksperimentalnih tehnika.

„Ta tendencija može se vidjeti u novijem usmjeravanju na modeliranje u znanosti, gdje se tvrdi da se značajan dio te prakse bavi prizemnim 'fenomenološkim' modelima, a ne uzvišenim teorijskim oblicima kojima se tipično bave filozofi znanosti. Ponavljajući tvrdnje slične onima iz 60-ih godina [prošlog stoljeća] tvrdi se da je narav i uloga tih prizemnih modela takva da oni ne mogu biti obuhvaćeni nekom vrstom jedinstvenog okvira bilo zbog toga što su navodno 'autonomni' od teorije ili zato što su međusobno inkonzistentni. Ono što ove tvrdnje pokazuju je stalno produbljivanje postpozitivističkog jaza između naših stvarnih aktivnosti sakupljanja znanja i filozofske karakterizacije tih aktivnosti. No naše je uvjerenje da može biti konstruiran pojmovno unitarni i u širem smislu racionalistički prikaz koji [...] uključuje dva temeljna vidika epistemičke prakse općenito. Prvi vidik [...] tiče se naravi reprezentacija korištenih u znanstvenom zaključivanju i epistemičkih stavova usvojenih prema njima. Krucijalno je da su te reprezentacije pojmovno nepotpune i otvorene, a i sveukupni prihvaćeni pristup je falibilistički. Doksastički govoreći, reprezentacije korištene u znanstvenoj praksi nisu istinite po korespondenciji, nego su djelomično istinite ili otprilike istinite, ili sadrže djelić istine. Kako god, pokušaji da se obuhvati te ideje unutar analitičkog okvira tipično su zapinjale zbog nedostatka ili nemogućnosti formalnog izraza na način sličan onome koji je Tarski pružio korespondencijskoj teoriji istine. Vjerujemo da je sada takva prepreka savladana razvojem formalne ideje 'pragmatičke', 'parcijalne' ili 'kvazi' istine. [...] Uvođenjem zamisli 'djelomičnih struktura' u pristup teorije modela ili 'semantički' pristup, formalizam 'kvazi' istine nudi prilagodbu pojmovne nepotpunosti koja je inherentna znanstvenim reprezentacijama i tako povezuje 'teorije' i 'modele' u svim njihovim raznolikim manifestacijama.“ (da Costa i French, 2003:3-4)

Da Costa i French pripadaju onim filozofima znanstvenih modela koji drže da popularnost „znanstveničkog“ pogleda ne može zamijeniti vrijednosti semantičkog pogleda. Može se reći da je re-evaluacija znanstvene prakse, kakvu prakticiraju sociolozi i Stanfordska škola, posljedica naturalističkog obrata u filozofiji znanosti. (da Costa i French, 2003:3) Da Costa i French misle da je moguće pomiriti gornja proturječja (dvije struje: normativna i naturalistička), da je moguće konstruirati racionalistički prikaz *stvarne* znanstvene prakse.

Oni vjeruju da to mogu uz pomoć formalizacije ideje parcijalne (pragmatičke, *kvazi*) istine. Tada kolabira metodološka distinkcija između otkrića i opravdanja.

Trideset godina nakon simpozija koji je dao povoda za knjigu *Struktura znanstvenih teorija*, da Costa i French rekapituliraju i zaključuju da je ponovo probuđen interes za narav teorija i modela. (da Costa i French, 2000) Ponavljaju se dva ključna pitanja: 1) može li se raznolikost znanstvenih modela obuhvatiti nekim sveobuhvatnim prikazom? i 2) može li vremenska dimenzija znanstvene prakse biti reprezentirana takvim prikazom?

Struktura znanstvenih teorija bila je iscrpna analiza napuštanja sintaktičkog pogleda. Glavni uzrok njegove propasti bila je nesposobnost da adekvatno obuhvati narav i ulogu modela u znanstvenoj praksi. Tada je primjerice E. McMullin pisao da, kad je riječ o konstrukciji i elaboraciji modela, „logičar zapostavlja vremensku dimenziju znanstvene procedure.“ (McMullin, 1968:390) Sada vidimo slične tvrdnje u seriji napada na semantički pristup. Da se podsjetimo, prema sintaktičkom pogledu, model je model teorije i time samo još jedna interpretacija računa teorije. Zašto onda uopće koristiti modele u znanstvenom mišljenju? Ovdje Braithwaite (vidi 1.5.3.), npr., pravi razliku između „modelista“ i „kontekstualista.“ (Braithwaite, 1962) Prvi odgovaraju da su modeli potrebni jer nam daju *razumijevanje* teorije. Prema kontekstualistima nam je takvo razumijevanje dano (teorijskim) kontekstom koji traži semantički uspon od neinterpretiranog računa do interpretacije. Modeli su tako na kraju nevažni. (Carnap, 1939:68; vidi 1.5.1.) Oni u najboljem slučaju imaju estetsku, didaktičku ili heurističku vrijednost ali su „prilično nepotrebni“ (ibid.) kad je riječ o razumijevanju ili uspješnoj primjeni teorije.

Za semantički pogled, teorije su *strukture*. S druge strane, stavljanje znanstvene prakse u prvi plan ostavlja struktur(al)ne aspekte neosvijetljenima. Naglasak na autonomiji modela donosi sa sobom dobrodošlo re-fokusiranje na njihovu raznolikost i heurističku ulogu. Te obje stvari su izazov za semantički pogled kao što su bile i za sintaktički. Da Costa i French pokušavaju odgovoriti na neke kritike semantičkog pogleda. Primjer je autonomija modela kako je zastupa Cartwright. Žarište zanimanja Cartwright je kritika pogleda pomoću krovnog zakona na odnos teorija i modela.

Da Costa i French navode riječi Cartwright: „Ovaj prikaz/pogled daje nam vrstu homunkulske slike stvaranja modela: teorije imaju trbuh pun sićušnih već oblikovanih modela zakopanih u njima. Potrebna je samo primalja dedukcije da ih porodi. Prema semantičkom pogledu, teorije su samo zbirke modela. Taj pogled nudi tako modernu, u japanskom stilu

automatiziranu verziju prikaza pomoću krovnog zakona koji ukida i primalju.“ (Cartwright et al., 1995:139) Kao primjer Cartwright i suradnici navode model supravodljivosti braće London koji je razvijen na fenomenološkoj razini, neovisnoj od teorije u kojoj se tvrdi da semantički pogled nije ništa drugo nego suvremena inačica prikaza pomoću krovnog zakona. Zaključak ide ovako: prema semantičkom pogledu, teorije su obitelji matematičkih modela. Ako je ovaj pristup adekvatna reprezentacija znanstvene prakse, onda svaki znanstveni model treba biti karakteriziran kao član takve obitelji. Ali, ima modela koje se ne može tako karakterizirati, jer su razvijeni neovisno od teorije, pa semantički pogled nije adekvatna reprezentacija znanstvene prakse. Da Costa i French odgovaraju da, bez obzira na to je li model dobiven iz teorije ili reflektiranjem o eksperimentu, može ga se dovesti *pod krila* semantičkog pogleda tako da ga se reprezentira u strukturalnom smislu. „Nitko zdrave pameti neće tvrditi da se sav razvoj modela zbiva deduktivno.“ (da Costa i French, 2000:121) U tom smislu su modeli braće London i Prandtla (vidi 3.2) identični. U oba slučaja postojala je ključna, eksperimentom vođena rekonceptualizacija relevantnih fenomena. U slučaju braće London, bilo je to uviđanje, vođeno otkrićem Meissnerovog efekta, da fenomen supravodljivosti ne treba biti shvaćen kao slučaj beskonačne provodljivosti, nego kao analogan dijamagnetizmu. U ovu slučaju, rekonceptualizacija je bila reprezentacija strujanja tekućine u dva sloja, ponovno vođena Prandtlovim vlastitim eksperimentima. Da takvi modeli mogu postati žarište znanstvene aktivnosti i tako postati „funkcionalno autonomni“ ne iznenađuje ako se uzmu u obzir teškoće uspostavljanja odnosa s prikladnom teorijom. No, da Costa i French naglašavaju da je F. London sam inzistirao da se takvu autonomiju može smatrati samo privremenom.

Zaključak da Coste i Frencha je da je možda najfundamentalniji problem filozofije znanosti reprezentacija znanstvene prakse. Kao filozofi, sociolozi ili povjesničari suočeni smo s bogatom, kompleksnom praksom ili skupom praksi koje su povezane s teorijama, modelima, hipotezama, instrumentima itd. Problem je, kako možemo reprezentirati te elemente da bismo bolje razumjeli tu praksu. Na jednoj strani možemo upotrebljavati vrlo razvijeni formalni pristup koji teži tome da prikaže razne distinkcije unutar znanstvene prakse na vrlo tehnički način. Opasnosti takvog pristupa su dobro poznate: zavedeni „skolastičkim“ formalizmom gubimo iz vida samu praksu koju želimo razumjeti. Na drugoj strani možemo usvojiti neku austinovsku strategiju, počevši s nijansiranom taksonomijom i opisujući običnim jezikom razlike i sličnosti praksi. Opasnosti su ovdje podjednako dobro poznate: bez jasnoga

ujedinjujućeg okvira, naš prikaz kolabira u suhu recitaciju „činjenica“ prakse – vrstu sirovog pozitivizma na meta-razini. Očita je potreba da se zauzme stajalište između tih ekstrema.

2.5. Protiv semantičara: P. Achinstein

Od šezdesetih godina dvadesetog stoljeća pokušava se pronaći jedinstvenu definiciju modela. P. Achinstein još čvrsto stoji uz vezu modela i teorija. (Achinstein, 1968) On kaže da je interpretacija računa, time što je model računa, posredno (derivativno) i model teorije. Međutim, semantička teorija modela pretpostavlja da nisu jednaki predikati (tj. ne opisuje se jednaki predmet ili sustav) u modelu i u teoriji. E. Nagel, npr., kaže da je model interpretacija „za apstraktni račun koja priskrbuje meso za skeletnu strukturu pomoću više ili manje poznatog konceptualnog ili predočivog materijala.“ (Nagel, 1979:90)

U svojoj analizi znanstvenih modela i Achinstein se koristi pojmom analogije. On primjećuje da analogni fenomeni moraju biti uvelike i različiti da bi se moglo uopće govoriti o analogiji. Oni moraju biti očito slični u jednoj stvari da bi se pokazalo da su slični i u drugoj. Oni moraju na prvi pogled izgledati neslični osim u jednoj stvari. Ta druga, otkrivena, pronađena sličnost mora biti *ugodno iznenađenje* ili to drugo može biti *razumijevanje*. Ili kao što ljepše kaže sam autor: „Kad *A* povlači analogiju između *X* i *Y*, on sugerira da se o *X* može misliti i da ga se može opisivati, na neki način i do neke mjere, iz točke gledanja *Y*, upotrebljavajući *Y* kao osnovicu. A to se može postići upotrebljavajući pojmove i načine govora prikladne za *Y*, gdje se ne vidi na prvi pogled da su prikladni za *X*. [...] Ili *A* jednostavno želi prikazati *X* na živ i dojmljiv način.“ (Achinstein, 1968:207)

Za Carnapa je račun skup neinterpretiranih formula ili propozicija. Taj se skup kad je interpretiran zove model. (Achinstein, 1968:227-8) Suprotstavljene su jezična ideja modela i ideja modela teorije skupova. Za semantičku teoriju model nije skup iskaza, nego skup stvari. Radi se o formalnoj teoriji. To je jedina teorija koja pokušava pronaći ujedinjujuću shemu za modele i analogije u znanosti. (Achinstein, 1968:229) Prema Achinsteinu, semantička teorija modela tvrdi: 1) model je skup iskaza koji pripisuju svojstva nekom predmetu ili sustavu; 2) iskazi koji konstituiraju model opisuju neku stvar za koju se pretpostavlja da je različita od onoga čemu je model. Njegova definicija modela je sljedeća: „Neka je *S* skup iskaza koji sadrži neku teoriju, i neka je *S** račun tog skupa (ono što taj skup postane kad se svaka nelogička predikatna konstanta u *S* tretira kao predikatna varijabla). Neka *S'* bude skup iskaza

koje dobijemo iz S^* ako supstituiramo (interpretirane) predikate za svaku predikatnu varijablu u S^* . Onda je S' model za S^* . Derivativno možemo reći da je S' model za S , i da je S' model za elemente opisane u S .“ (Achinstein, 1968:228)

Pretpostavka je semantičkog pogleda da ako govorimo o modelu X , onda se X spominje u S te da je predmet opisan u S' (model) općenito različit od X , jer su termini u S' općenito različiti od termina u S .

Modeliranjem se interpretira formalizam računa. E. Nagel govori o komponentama teorije: 1) apstraktnom računu kao logičkom kosturu eksplanatornog sustava koji implicitno definira osnovne ideje sustava; 2) skupu pravila koja pridaju empirijski sadržaj apstraktnom računu dovodeći ga u odnos s konkretnim materijalom opservacije i eksperimenta; 3) interpretacija ili model za apstraktni račun koji priskrbljuje *meso* za skeletnu strukturu više ili manje poznatog konceptualnog ili predočivog materijala. (Nagel, 1979:90)

Achinstein inzistira da kod teorijskog modela analogija pomaže samo na početku. (Achinstein, 1968:216-7) Ona pomaže kod razvoja, formuliranja i, čak, imenovanja teorijskog modela. Prema Achinsteinovom shvaćanju razlike teorije i modela, za anti-realista nema teorija, ima samo modela.

Pitanje je, je li analogija integralni dio (teorijskog) modela ili samo heuristički? Teorijski model, kod Achinsteina, više nema analogiju, nju ima jedna vrsta reprezentacijskog modela zvana „analogijski model“.

Prema *semantičkom pogledu*, kako ga tumači Achinstein, model je skup iskaza. Ti iskazi su „interpretacija“ računa teorije. Semantičari smatraju da je (interpretativni) opis sam model, a ne opis modela. Interpretacija, tako, uopće nije opis, nego je vrsta reprezentacije. Achinstein pokazuje da to nije točno. Model je interpretacija računa teorije.

Achinsteinov zaključak je da: 1) stvarni modeli u znanosti nisu semantički modeli i 2) kad bi i bilo semantičkih modela, oni ne bi mogli ono što se od njih očekuje.

2.6. Iracionalnost znanosti: Thomas Kuhn, Ian Hacking i Stanfordska škola

2.6.1. Protiv formalizacije znanosti: T. Kuhn

Za uvođenje empirijske evidencije o stvarnoj znanstvenoj praksi u filozofiju znanosti, za podudaranje s povijesnom praksom kao kriterijem u filozofiji znanosti, zaslužan je T. Kuhn s djelom *Struktura znanstvenih revolucija*. (Kuhn, [1962] 1999)

Paradigme, Kuhnov najvažniji pojam, su: „univerzalno prihvaćena znanstvena dostignuća koja nekoj zajednici praktičara neko vrijeme pružaju modele problema i rješenja.“ (Kuhn, [1962] 1999:10)

I Kuhn upotrebljava termin model, ali tada je to bio ne-tehnički termin. „... neki od prihvaćenih primjera stvarne znanstvene prakse – primjera koji uključuju zakon, teoriju, primjenu i instrumentaciju zajedno – pružaju modele iz kojih potječu posebne koherentne tradicije znanstvenog istraživanja.“ (Kuhn, [1962] 1999:23) On se još uvijek kretao unutar pozitivističke terminologije. *Paradigma je vrsta modela*. „Kada bih sada ponovo pisao ovu knjigu, [zajednička] vezivanja [*commitments*, obveze, op. a.] bih opisao kao vjerovanja u posebne modele, pa bih kategoriju modela proširio da uključi onu relativno heurističku varijantu: električna cirkulacija [strujni krug, op. a.] može se promatrati kao stacionarno stanje hidrodinamičkog sustava; molekule nekog plina ponašaju se kao sićušne elastične biljarske kugle u kretanju nasumice. Iako se jačina vezivanja skupine mijenja, što ima netrivialne posljedice, duž spektra od heuristike do ontološkog modela, svi modeli imaju slične uloge. Oni, među ostalim, snabdijevaju konkretnu skupinu preferiranim i dopustivim analogijama i metaforama. Čineći to oni pomažu da se odredi što će biti prihvaćeno kao objašnjenje i kao rješenje zagonetke; obrnuto, oni pomažu u određivanju službenog popisa neriješenih zagonetki, kao i u procjenjivanju važnosti svake od njih.“ (Kuhn, [1962] 1999:192-193) Uloga usvojenih odnosa sličnosti pokazuje se isto tako jasno i u povijesti znanosti. „Znanstvenici rješavaju zagonetke modelirajući ih prema ranijim rješenjima zagonetki, često s minimalnim pribjegavanjem simboličkim uopćavanjima.“ (Kuhn, [1962] 1999:198)

Pristup znanosti kao skupu riješenih i neriješenih zagonetki olakšava postavljanje modela u središte filozofije znanosti. Zagonetke se rješava modeliranjem. Paradigma je egzemplar, primjer rješenja problema, postignuće koje služi kao model za daljnji rad. Disciplinarna matrica se sastoji od četiri vrste zajedničkih obveza (*shared commitments*) koje zajedno implicitno karakteriziraju posebnu istraživačku disciplinu i zajednicu: 1) simboličke

generalizacije, npr. Newtonovi zakoni; 2) metafizički modeli toga kakav je svijet; 3) vrijednosti i standardi i 4) egzemplari.

Kao historicist Kuhn je naturalist, on pokušava naturalizirati filozofiju znanosti. Cijela pozitivistička filozofija znanosti modelirana je na fizici koja je modelirana na matematici (i logici, a ova opet na matematici). U osnovi to je bio antinaturalistički pokret. Vidjet ćemo kasnije da je Standfordska škola, kojoj pripada Cartwright, potpuno na Kuhnovu tragu.

Fundamentalna ideja Kuhnove teorije je ideja „paradigme“ kao egzemplarnog rješenja specifičnog problema – rješenja koje može poslužiti kao „model“ za oblikovanje rješenja drugih problema istog područja. Newtonovo rješenje problema orbitalnog kretanja i Fresnelovo rješenje problema difrakcije su među Kuhnovim najdražim primjerima. Prema Kuhnu, na takva rješenja ne treba gledati kao na primjene opće teorije, a još manje kao na testove opće teorije. Ona su, nasuprot, osnovni materijal od koje je istraživačka tradicija normalne znanosti, koja također uključuje takve stvari kao što je instrumentacija, konstruirana. Da su egzemplari logički prije opće teorije predstavlja ono što Kuhn misli pod „prvenstvom paradigmi“. (Kuhn, [1962] 1999: poglavlje 5) U procesu kreiranja istraživačke tradicije normalne znanosti znanstvena zajednica razvija „norme“, „pravila“ ili „standarde“. Ovi pomažu odrediti, među ostalim stvarima, što se smatra važnim problemom, a što se smatra rješenjem. No, Kuhnova doktrina prvenstva paradigmi (tj. egzemplara) drži da su standardi određeni pomoću egzemplara a ne egzemplari pomoću standarda.

2.6.2. Reprezentiranje i interveniranje jesu model i modeliranje: I. Hacking i Stanfordska škola

U djelu *Representing and Intervening* I. Hacking zastupa mišljenje da mi ne reprezentiramo zato da bismo „imali reprezentacije“, nego „ljudi reprezentiraju“ svijet zato da bi „intervenirali“ u svijet, na određen način osvojili ga i pokorili. (Hacking, 1983:144)

Prema takvom pragmatičkom shvaćanju znanosti same teorije su previše kompleksne. One su instrumenti za izradu modela kojima se onda može „intervenirati“ u svijetu. Tako su modeli povezani s Kuhnovim pojmom artikulacije. Vidjet ćemo kasnije da je jedan od argumenata za autonomiju modela onaj koji kaže da modeli mogu biti robusni kod promjene teorije – odbacimo teoriju a zadržimo model. „Više je lokalne istine u inkonzistentnim modelima nego u visoko intelektualnoj teoriji.“ (Hacking, 1983:217)

Za Hackinga postoje samo „lokalne istine“, a to je prednost za modele. Slično misli i S. Leonelli koja smatra da je bitno svojstvo modela njihova raznolikost. (de Regt et al. (ur.), 2009:191) Njihova raznolikost je ono što pogoduje našim različitim potrebama. Npr. protein možemo gledati stereokemijski ili ako ga razmotamo dvo- ili jednodimenzionalno. Nijedan način nije „pravi“. Dobivamo različite vrste informacija (istina) za različite svrhe. Ne smijemo se osloniti na jednu metodu kao bolju od drugih. Za razliku od pojma teorije, pojam modela sadrži u sebi i pojam modeliranja. Zato taj pojam ima još doda(t)nu „plodnost“. Naglasak na modeliranju je pomak prema tematiziranju nastanka teorija.

Stanfordska škola razvijajući implikacije kuhnovskog pogleda na znanost, uočava još jednu dimenziju skretanja prema nastanku teorije. U nastajanju teorije ima nešto što je čini razumljivom, živom, dinamičnom. U rađanju teorije nastaje nešto čemu je gotova teorija samo *reprezentacija*. To nešto je „epistemički prostor“ koji se sastoji od modela i procesa modeliranja pomoću kojih znanost može intervenirati u svijetu: eksperimentirati i mijenjati ga.

Hacking često govori o posljedicama znanosti. Teorije su prekompleksne da bismo vidjeli njihove konzekvence. Zato trebamo simplificirane modele. Istodobno ti su modeli približne reprezentacije svijeta. (Hacking, 1983:216-7) Ti modeli su dijelom artikulacija teorije (vidi 2.6.1).

Još je jedna ideja povezana s modelima, a to je ideja misaonog eksperimenta. Te dvije ideje uzajamno čine jedna drugu jasnijom, a to se vidi u metodologiji u kojoj se manje kritički propituju metafizičke obveze. Metodološke pretpostavke su uvijek realističke. Radi se o lokalnom realizmu, jer kao što tvrdi Hacking, modeliranje je važnije u interveniranju nego u reprezentiranju.

Često se tvrdi se da je fikcija univerzalno svojstvo modela. Fikcionalizam se tu odnosi prvenstveno na metodologiju, a ne na ontologiju ili epistemologiju. Modeli nisu ni o istini, ni o razumijevanju shvaćenom kao dijelu epistemologije, nego o metodologiji. To je u skladu s Hackingom, lokalnim realizmom i Stanfordskom školom. Jednostavno, nije se promijenila epistemologija, nije se promijenio realizam. Naglasak je s epistemologije prešao na metodologiju.

2.6.3. Realizam teorijskih entiteta i modeliranje

Realistički pogled na znanstvene teorije bio je napadan s raznih strana. Neke popularne kritike koriste se teškoćama tradicionalnih filozofskih prikaza referencije i istine kao korespondencije s vanjskim svijetom.

Kad je Galilei tvrdio da se poznati uzorci svjetlosti i sjene na punom Mjesecu mogu najbolje objasniti pretpostavkom da taj satelit ima planine i mora kakve ima i Zemlja, on je tada upotrebljavao zajednički način zaključivanja i objašnjavanja koji nije bio nov u prirodnoj znanosti, ali čije je središnje mjesto u objašnjenju tada bilo prepoznato. Znanstvenik predlaže model čija svojstva dopuštaju prikazivanje fenomena kojeg se želi objasniti. Procjena modela je kompleksan posao koji uključuje kriterije kao što su koherencija i plodnost kao i adekvatnost u razjašnjavanju podataka. Teorijski konstrukti korišteni u modelu mogu već biti poznati (kao „planine,, i „mora“ u Galilejevom modelu Mjeseca), ili ih znanstvenik može kreirati za konkretni slučaj (takvi su npr. „galaktika“, „gen“ ili „molekula“).

Prema pozitivistima, teorijski termin neće dobiti semantička pravila – to znači pravila koja kažu što znače ili označavaju, niti će biti eksplicitno definiran koristeći termine za koje postoje semantička pravila. Ipak, razni zastupnici takvog prikaza tvrde da su takvi termini parcijalno i indirektno interpretirani korespondencijskim pravilima.

Znanstvenici vjeruju u postojanje teorijskih entiteta, a s time bi se složili i Hacking i Cartwright. Za njih teorijski entiteti sudjeluju u eksperimentiranju, interveniranju i modeliranju. Kako sudjeluju? Uzročno, a uzroci moraju biti stvarni. Galaktike, geni i molekule, reći će oni, postoje na jednak način na koji postoje planine i mora na Zemlji. Oni u to čvrsto vjeruju, ali koliko je pouzdano to vjerovanje? Kuhnovska revolucija u filozofiji znanosti imala je dva prilično suprotna učinka u tom smislu. Jedan učinak je novi naglasak na znanstvenoj praksi kao pravom temelju filozofije znanosti koji je vodio prema osjetljivijem prihvaćanju uloge koju igraju teorijski konstrukti u vođenju i definiranju znanstvenog rada. Napuštanje „restriktivnog empirizma“ nije toliko uzrokovano neuspjesima redukcije teorijskih termina na opservacijske, koliko rastućim shvaćanjem da teorijski termini imaju drugu i nezamjenjivu ulogu u znanosti. Ta uloga pozitiviste nije zanimala, a nije ih ni mogla zanimati. Smještali su je u kontekst („logiku“) otkrića. Od toga je samo korak do priznanja da ti termini nose sa sobom ontologiju, iako nekompletnu i provizornu. Izgledalo je da se realizam vraća.

No, bilo je također novih utjecaja u suprotnom smjeru. Žarište pažnje filozofije znanosti prešlo je tada na znanstvene promjene, a nije ostalo na tradicionalnoj temi

opravdanja te je tako nestabilnost znanstvenih pojmova postala problem s kojim se realist trebao suočiti. Po prvi put u raspravu su se uključili i filozofi jezika, npr. sa zagonetkama istine i referencije. To je ojačalo antirealizam koji je postao sofisticiraniji nego onaj u vrijeme pozitivizma. Na primjer: postoji li zaista „Moho“? (McMullin, 2002:267) To je model do kojeg se došlo zaključivanjem iz svojstava seizmičkih valova na površini Zemlje. Ostaje otvoreno pitanje je li to samo strukturalni model koji služi kao sredstvo da omogući znanstvenicima da preciznije predvide seizmičke nalaze ili omogućuje dodatne ontološke tvrdnje o stvarnim skrivenim strukturama Zemlje.

Ideje o realizmu modeliranja odnosno o opravdanju ugrađenom u model razvijaju, vidjet ćemo kasnije, P. Humphreys i M. Boumans.

3. MODELI I MODELIRANJE U FILOZOFIJI ZNANOSTI NANCY CARTWRIGHT

Već je rečeno da se u ovom radu N. Cartwright smatra najvažnijim filozofom znanstvenih modela. Tvrdi se i više od toga, ona je prvi filozof znanstvenog modeliranja.

3.1. Prva faza razvoja ideja o modelima i modeliranju: *How the Laws of Physics Lie*

Na početku ovog dijela rada potrebno je dati kratki prikaz ideja koje se odnose na temu u prvoj knjizi N. Cartwright. Ideja „pripremanja opisa“ čini važno polazište za preusmjeravanje pažnje filozofije znanosti na praksu modeliranja.

Glavnih akteri *How the Laws of Physics Lie* su teorijski zakoni i fenomenološki zakoni. (Cartwright, 1983:1) Razlika je utemeljena u epistemologiji. Fenomenološke zakone možemo, barem načelno, opažati direktno. O teorijskim zakonima možemo samo indirektno zaključivati. Tako ih razlikuju filozofi. Znanstvenici te termine upotrebljavaju drukčije. Oni razlikuju fenomenološke od fundamentalnih zakona. Fenomenološki zakoni opisuju ono što se događa, fundamentalni objašnjavaju. Cartwright je, barem tako tvrdi, neke vrste antirealist glede fundamentalnih zakona. (Cartwright, 1983:2) Fenomenološki zakoni prilično dobro opisuju. Fundamentalni zakoni objašnjavaju, ali cijena je da slabo opisuju.

Eksplanatorna snaga fundamentalnih zakona ne govori u prilog njihove istinitosti. Ustvari, način na koji se upotrebljavaju u objašnjenju govori u prilog njihove neistinitosti. Privid istinitosti dolazi od lošeg modela objašnjenja, modela koji zakone veže direktno sa stvarnošću. Cartwright nudi drukčiji prikaz objašnjenja. Put od teorije do stvarnosti ide od teorije do modela, o onda od modela do fenomenološkog zakona. Fenomenološki zakoni mogu biti istiniti o stvarnosti, ali fundamentalni zakoni su istiniti samo o predmetima u modelu. Cartwright ne kaže ništa o tome jesu li modeli prema tome prikazu istiniti o stvarnosti odnosno o fenomenološkim modelima.

Neistinitost fundamentalnih zakona je posljedica njihove velike eksplanatorne snage. To je suprotno pretpostavkama onoga što se naziva zaključkom prema najboljem objašnjenju.

On se, prema Cartwright, može primijeniti samo na kauzalne zakone. No, oni su fenomenološki zakoni. Mogu li i apstraktni zakoni biti istiniti ako objašnjavaju? Dva modela teorijskog objašnjenja tvrde da mogu. No, Cartwright u oba nalazi ozbiljne pogreške.

Objašnjenje u fizici može se postići na dva prilično različita načina. Kada prvim načinom objašnjavamo fenomen, pronalazimo njegov uzrok. Pokušavamo detaljno prikazati kako je fenomen nastao. Drugim načinom uklapamo fenomen u široki teorijski okvir koji pod jedan skup fundamentalnih jednadžbi okuplja široki spektar raznih vrsta fenomena. Uzročna priča upotrebljava vrlo specifične fenomenološke zakone koji kažu što se događa u konkretnim situacijama. No, teorijski zakoni su potpuno apstraktne formule koje ne opisuju konkretne okolnosti.

Standardni prikaz pomoću krovnog zakona pokušava obje vrste objašnjenja smjestiti u isti kalup. No, funkcija zakona je različita u ta dva slučaja. „U fizici je uobičajeno da se isti fenomen teorijski obrađuje na alternativne načine. Konstruiramo različite modele za različite svrhe i opisujemo ih različitim jednadžbama. Koji je pravi model, koji skup jednadžbi je 'istinit'? Pitanje je pogrešno. Jedan model pokazuje neke aspekte fenomena, drugi različite. Jedne jednadžbe daju grublju procjenu količine koja nas zanima, ali ih je lakše riješiti. Nema jednog modela koji služi najbolje svim svrhama.“ (Cartwright, 1983:11)

Uzročno objašnjenje je drukčije. Ne služimo se različitim uzročnim objašnjenjima prema našim potrebama. Uzročne priče smatramo istinitima ili neistinitima. To ne vrijedi za teorijske zakone, njih upotrebljavamo prema potrebi. Možda se fizikalne zakone za objašnjenje ne upotrebljava kao da su istiniti. Međutim Cartwright tvrdi nešto više od toga. Ako se dokaze, npr. eksperimentalne podatke, uzme ozbiljno, zakoni moraju biti pogrešni. Jedan od razloga za to je napetost između uzročnog i teorijskog objašnjenja. Fizika želi dati oba, ali zahtjevi jednog su u suprotnosti s drugim. Jedan od važnih zadataka uzročnog objašnjenja je pokazati kako se razni uzroci kombiniraju da bi proizveli proučavani fenomen. Teorijski zakoni su bitni za proračunavanje koliko koji uzrok doprinosi. No, oni to ne mogu učiniti ako su doslovno istiniti jer, da bi obavili posao, moraju zanemariti djelovanje zakona iz drugih teorija.

Da su fundamentalni zakoni istiniti, oni bi davali točan prikaz onoga što se događa kad se primijene u posebnim okolnostima. Ali ne daju, nego tek nakon korekcija primijenjenih fizičara ili istraživačkih inženjera. Aproksimacije i podešavanja su potrebna svaki put kad se teorija bavi stvarnošću. Aproksimacije upotrebljavamo kad idemo od teorije prema praksi.

Cartwright predlaže da razmotrimo suprotni smjer, ne „izlazak iz teorije“ nego „ulazak u teoriju“. Kod ulaska u teoriju počinjemo sa činjeničnim opisom, pa onda gledamo kako bismo ga mogli podvesti pod fundamentalni zakon ili jednadžbu. Uobičajeno je da se to radi pomoću veznih principa. Cartwright drži da je to prejednostavan pogled na proces objašnjenja. Da bismo došli od detaljnog činjeničnog poznavanja situacije do jednadžbe, moramo pripremiti opis situacije da bismo zadovoljili matematičke potrebe teorije. Rezultat više neće biti istiniti opis.

Nasuprot uobičajenom prikazu koji se oslanja samo na vezne principe, Cartwright predlaže prikaz prema kojemu se ulaz u teoriju provodi u dvije faze. Započinjemo s *nepripremljenim* opisom koji daje što je moguće točniji izvještaj o situaciji. U prvoj fazi se on pretvara u *pripremljeni* opis. U drugoj fazi se pripremljeni opis usklađuje s matematičkom reprezentacijom iz teorije. U idealnom slučaju bi pripremljeni opis bio istinit o nepripremljenom. No, dvije aktivnosti vuku u suprotnom smjeru pa će opis koji je adekvatan činjenicama rijetko imati pravu matematičku strukturu. Ono što Cartwright naziva „pripremanjem opisa“ upravo je ono što radimo kad proizvodimo model fenomena.

Ideja pripremanja opisa predstavlja ranu fazu naglašavanja prakse konstruiranja modela. Sama Cartwright smatra (a to je blaže i nije toliko zanimljivo za temu) da „dvofazni“ pogled polaže temelj za prikaz koji model smješta u jezgru objašnjenja. Ja pak mislim da dvofazni pogled doprinosi naglašavanju prakse modeliranja.

Na kraju ovog dijela se ukratko prepričava ideja simulakrumskog prikaza. Ona nije toliko bitna za temu, ali daje potpuniju sliku filozofije znanosti Cartwright.

Sljedeća grupa argumenata Cartwright nudi alternativu „modelu objašnjenja pomoću krovnog zakona“. Kako uklapamo fenomen u opći teorijski okvir? Prema modelu krovnog zakona, fenomen uklapamo u teoriju pokazujući kako se razni fenomenološki zakoni koji su o njemu istiniti izvode iz osnovnih zakona i jednadžbi teorije. Metafora „krova“ ne samo da sugerira da se fenomenološke zakone može izvesti iz fundamentalnih zakona, nego i da fundamentalni zakoni upravljaju fenomenima. To su zakoni koji pokrivaju fenomene, možda pod općenitijim ili apstraktnim opisom, možda pomoću nekih skrivenih mikro-strukturnih svojstava.

Umjesto toga Cartwright predlaže „simulakrumski prikaz objašnjenja“. Simulakrum je nešto što ima samo oblik ili izgled neke stvari, ali nema njenu supstancu ni svojstva. „Prema simulakrumskom prikazu, objasniti fenomen znači konstruirati model koji fenomen uklapa u

teoriju.“ (Cartwright, 1983:17) Fundamentalni zakoni teorije istiniti su o predmetima u modelu te se upotrebljavaju da se izvede specifični prikaz kako se ti predmeti ponašaju. No, predmeti u modelu imaju samo oblik i izgled stvari, ali ne i njihovu supstancu i svojstva.

Prikaz pomoću krovnog zakona pretpostavlja da, u načelu, postoji jedno „pravo“ objašnjenje za svaki fenomen. Simulakrumski prikaz to poriče. Uspjeh eksplanatornog modela ovisi o tome koliko dobro izvedeni zakoni aproksimiraju fenomenološke zakone i specifične uzročne principe koji su istiniti o modeliranim predmetima. Uvijek se može pronaći novih fenomenoloških zakona i oni mogu biti aproksimirani na bolje i drukčije načine. Nema jednog pravog objašnjenja.

Pripremljeni i nepripremljeni opis ne mogu se podudarati. No, samo pripremljeni opisi potpadaju pod osnovne zakone. Fundamentalni zakoni ne upravljaju predmetima u stvarnosti, oni upravljaju samo predmetima u modelu.

Polovina knjige *How the Laws of Physics Lie* bavi se kritikom do tada uvriježenog prikaza objašnjenja pomoću krovnog zakona, a druga polovina važnošću osnovnih uzročnih zakona. One se mogu razmatrati odvojeno, a druga nije tema ovog rada.

Cartwright tvrdi da smo pogrešno mislili o tome što je teorija i što su teorijski zakoni. Te pogrešne intuicije prikaz objašnjenja pomoću krovnog zakona samo eksplicira. One pripadaju našem zdravorazumskom realizmu. Mislimo da teorije direktno govore o stvarnosti. Najpoznatija vrsta prikaza objašnjenja pomoću krovnog zakona je deduktivno-nomološki (D-N) prikaz objašnjenja, a protiv njega argumentira Cartwright: D-N prikaz „počinje tražiti objašnjenja kad je već puno znanstvenog rada učinjeno. On ignorira činjenicu da objašnjenja u fizici obično započinju s modelom“. (Cartwright, 1983:103)

Što znači da „zakoni fizike lažu“? To znači da se zanemaruje, da se ne vidi da između teorije (zakona) i svijeta postoji modeliranje. Modeliranje, a ne samo modeli, jer su semantičarima, pripadnicima tzv. semantičkog pogleda na znanstvene teorije koji kaže da su teorije skupovi modela, modeli samo dio teorije. Ideja o važnosti modeliranja je već u naslovu „Kako zakoni fizike lažu“. Ili, ako mislimo da zakoni (teorija) govore *neposredno* o svijetu, onda zakoni lažu. Ne vidimo da postoji nešto između. Zakoni fizike lažu samo zato što nije točno da su fundamentalni zakoni deduktivno vezani s fenomenološkim zakonima.

Za potrebe teorijske obrade fenomena njegov se opis priprema i uvode „svojstva pogodnosti“ koja nisu svojstva fenomena nego samo omogućuju primjenu teorije. Ta su svojstva fikcija. Svojstva pogodnosti imaju samo modeli, ali ne i stvarnost. Takva svojstva

nemaju „vezne principe“. Svojstva pogodnosti su, npr. idealizacije: beskonačni potencijali, savršeno kruti štapovi ili površine bez trenja. Ali neka svojstva iz usluge nisu ni idealizacije, nego su čiste fikcije (Cartwright, 1983:153), npr. „distribucijske funkcije. (Cartwright, 1983:156)

Model je fikcija i krivo opisuje fenomen, ali ga ipak dobro objašnjava i dopušta dovoljno točna predviđanja. Zakoni lažu ako se misli da djeluju („govore“) sami. Ako se zakone tjera da govore sami, onda oni moraju lagati. (Morgan i Morrison (ur.), 1999:244; Cartwright, 1999:182) Treba naglasiti da *samo* u tom smislu zakoni lažu. I samo tako danas treba čitati Cartwright (1983). Važno je *kako* zakoni lažu. Lažu ako ih se stavi u okvir koji daje prikaz objašnjenja pomoću krovnog zakona. (Cartwright, 1983:58)

Cartwright naglašava važnost modeliranja tako što odvaja modele od teorije. Njezin pristup bi mogao biti plodan jer, ako modeli ne nastaju iz teorija, onda postaje zanimljivo kako nastaju. Tu se može postaviti pitanje zašto filozofe znanosti zapravo ne zanima kako modeli nastaju. No, prvo je Cartwright morala dovesti modele u središte filozofije znanosti. Teorije ili lažu ili su samo alat za izradu modela. Cartwright opširno govori o razmjenama dobrog opisa i eksplanatorne moći. Dakako da proces razmjena implicira naglasak na modeliranju. Teorija govori o modelu, a njega se onda mora „uskладiti“ sa svijetom, malo-pomalo ga prilagoditi svijetu, jer je sam model fikcija. (Cartwright, 1983:153)

Modeliranje je važno na dva mjesta u odnosima teorije, modela i svijeta. Između teorije i modela je pripremanje opisa koje je modeliranje. (Cartwright, 1983:15) Između modela i svijeta je usklađivanje koje je također modeliranje i koje uključuje razmjene istinitosti i eksplanatorne moći. (Cartwright, 1983:162)

Prema „pripremanju opisa“ samo teorija i empirijski podatci određuju oblik modela. Morgan i Morrison navode da Cartwright sugerira da je modeliranje usklađivanje pripremljenog opisa i matematike teorije. (Morgan i Morrison (ur.), 1999:13) No, modeliranje se događa ranije, u samom pripremanju opisa. Sljedeći korak čini M. Boumans. (vidi 4.6) Kod njega još mnogo drugih elemenata, a ne samo teorija kroz pripremanje opisa, utječe na oblik modela. Morgan i Morrison tako navode da su modeli tipično konstruirani „zduživanjem djelića koji dolaze iz posve različitih izvora.“ Primjeri elemenata koji se združuju u praksi modeliranja su „elementi teorija i empirijskih dokaza, kao i priče i predmeti koji bi mogli formirati osnovu za modelarske odluke.“ (Morgan i Morrison (ur.), 1999:15) Među elemente modeliranja Boumans ubraja, osim teorija i empirijskih podataka, matematičke pojmove i

tehnike, analogije i metafore. Tome bi se mogle pribrojiti i priče, razumijevanja, matematički predlošci i razne pretpostavke.

U Cartwright (1983) opis fenomena pripremamo da bi teorija bila primjenjiva na njega i tako ga mogla objasniti. U Cartwright et al. (1995) teorija je samo alat za izradu modela.

3.2. „Kutija za alat znanosti“

Za tezu ovog rada ključan je tekst „The Tool Box of Science“. (Cartwright et al., 1995) Cartwright ga je napisala zajedno s M. Suárezom i T. Shomarom. Međutim, kako se u tekstu i spominje, filozofski dio je napisala sama. Suárez i Shomar pak elaboriraju studiju slučaja koja bi trebala govoriti u prilog zaključaka Cartwright. Ta studija slučaja je već slavni primjer modela supravodljivosti braće London.

U tekstu se eksplicitno govori o nužnosti konstruiranja modela ako se želi dobiti uspješan model. Nema uspješnog modela ako ga se prvo ne konstruira pomoću raznih alata: vještina, instrumenata i trikova. Uspješan model je empirijski adekvatan model. Znanstvena aktivnost je proces konstruiranja empirijski adekvatnih modela. (van Fraassen, 1980:5)

Ako je ideja o pripremanju opisa govorila u prilog tematiziranju same prakse modeliranja, onda tzv. instrumentalistički pogled na znanost govori još više. Taj pogled Cartwright iznosi u tekstu „The Tool Box of Science“. (Cartwright et al., 1995) Cartwright tvrdi da model tek treba konstruirati, da se on ne nalazi već gotov u teoriji. Postoje razni prilagodljivi alati za konstruiranje modela, teorija je samo jedan od njih. Alati moraju biti prilagodljivi jer su u konstruiranju modela potrebne prilagodbe. Dosadašnji pristupi su uzimali da se teorija doslovno odnosi na svijet. Nisu vidjeli proces modeliranja koji je kompleksan i ne može se rekonstruirati kao formalni odnos teorije i svijeta ili teorije i modela.

Od osamdesetih je godina dvadesetog stoljeća pogled na znanost u kojem dominira teorija bio izložen brojnim kritikama filozofa, povjesničara i sociologa znanosti. Prema novim shvaćanjima filozofija znanosti ne može više biti promatrana kao filozofija znanstvene teorije. Takvim shvaćanjima pridružila se i Cartwright svojim instrumentalističkim pogledom na samu znanost u kojem je teorija samo mala komponenta. „Naše znanstveno razumijevanje i njemu odgovarajuća slika svijeta je kodirana isto toliko u našim instrumentima, našim matematičkim tehnikama, našim metodama aproksimacije, oblikom naših laboratorija i

uzorkom industrijskih razvoja koliko i u našim znanstvenim teorijama. Te djeliće razumijevanja tako kodirane ne treba gledati kao tvrdnje o naravi i strukturi stvarnosti koje bi trebale imati ispravan propozicijski izraz koji je kandidat za istinu ili neistinitost. Treba ih prije gledati kao prilagodljive alate u zajedničkoj znanstvenoj kutiji za alat. Ali za što su alati? Što bismo trebali raditi s njima?“ (Cartwright et al., 1995:138)

Fizika teži reprezentiranju svijeta, ali ga ne reprezentira svojim teorijama, nego svojim modelima. Cartwright kritizira prikaz odnosa teorije i modela pomoću krovnog zakona. „Taj prikaz daje sliku stvaranja modela kao *homunkulusa*: teorije imaju pun trbuh sićušnih već oblikovanih modela. Treba im samo primalja dedukcije da ih porodi. Prema semantičkom pogledu, teorije su samo zbirke modela: ovaj pogled nudi suvremenu automatsku verziju u japanskom stilu prikaza pomoću krovnog zakona koji eliminira čak i primalju.“ (Cartwright et al., 1995:139)

Prikaz odnosa teorije i modela pomoću krovnog zakona dugo su prihvaćali i instrumentalisti i realisti. Razmotrimo kao primjer Duhem-Quineov problem koji je bio jedno od glavnih oružja u instrumentalističkom arsenalu. Teorije su nedovoljno određene bilo kojom količinom podataka o stvarnom svijetu. Zbog toga postaje upitan smisao tvrdnji o tome da je jedna, a ne druga istinita o svijetu. U najjednostavnijoj inačici Duhem-Quineova teza tvrdi da će za bilo koje podatke d uvijek biti nekoliko alternativnih kontradiktornih parova znanstvenih teorija i pomoćnih iskaza koji „objašnjavaju“ d . To znači, za svaki d , postoje inkompatibilni $\langle T, A \rangle$, $\langle T', A' \rangle$ takvi da

$$T + A \rightarrow d$$

i također

$$T' + A' \rightarrow d$$

Cartwright je ranije dokazivala da su implikacije teorije, uzete doslovno, gotovo univerzalno neistinite. (Cartwright, 1983) Sada priznaje da je i sama slijepo vjerovala u prikaz pomoću krovnog zakona. (Cartwright et al., 1995:139) No, nema smisla govoriti o „čitanju teorije“ doslovno, niti govoriti o onome što teorija „implicira“. Upravo je implikacija ono što u $T + A \rightarrow d$ sada želi osporiti. Teorije i pomoćni iskazi ne impliciraju podatke, „fenomene“, ni u načelu. Reprezentacije fenomena moraju biti konstruirane, a teorija je jedan od mnogih alata kojima se koristimo za konstruiranje.

Razmotrimo alternativu: ne samo modeli, nego i teorije same reprezentiraju. Zamislimo to u kontekstu suvremene fizike. Što mogu apstraktni „zakoni“ matematičke fizike reprezentirati? Oni izvjesno nisu indukcijske generalizacije ponašanja stvarnih sustava. „Fundamentalna teorija ne reprezentira ništa i nema ničega što bi reprezentirala. Postoje samo realne stvari i stvarni načini na koje se ponašaju. A oni su reprezentirani modelima, modelima konstruiranim pomoću svog znanja i tehnika i trikova i sredstava koja imamo. Teorija ovdje igra svoju malu važnu ulogu. Ali ona je alat kao svaki drugi, a ne možeš kuću sagraditi samo čekićem.“ (Cartwright et al., 1995:140)

Instrumentalistički pogled na znanost sličan je ideji pripremanja opisa u smislu da upućuje na važnost procesa konstruiranja modela. No ipak, postoji jedna bitna razlika. Kod pripremanja opisa se može zamisliti da, unatoč tome što nema pravila, teorija diktira kakav mora biti konačni rezultat. Kod instrumentalističkog pogleda na znanost korekcije ne moraju biti legitimirane teorijom.

Prvi korak iza prikaza odnosa teorije i modela pomoću krovnog zakona su razni prikazi koji dedukcijske konzekvence pojedinačne teorije uzimaju kao ideal kod izrade reprezentacijskih modela, ali dopuštaju neka poboljšanja, obično poboljšanja koja deidealiziraju opći model proizveden teorijom za posebne potrebe dotičnog slučaja. To je pozicija bliska onoj koju Cartwright zastupa u *How the Laws of Physics Lie*. (Cartwright, 1999c:248-249) Sada zastupa stav da su korekcije neophodne da bi se modele koje daje teorija pretvorilo u modele koji mogu dovoljno točno reprezentirati fenomene rijetko, ako ikad, konzistentne s teorijom, a kamoli da ih teorija sugerira. (Cartwright, 1999c:251)

Već se činilo da ideja pripremanja opisa dovoljno podržava fokusiranje na modeliranje, a onda je Cartwright iznijela još jaču tezu, teorija ne implicira podatke, reprezentaciju fenomena treba konstruirati, a teorija je samo jedan od alata za to. Ideja da teorije nisu prodajni automati nastavak je ideje pripremanja opisa. Modele se još više odvaja od teorije, oni postaju još autonomniji. No, što se više odvaja modele od teorije, to važnije postaje modeliranje. U kutiji za alat, osim teorije, matematike, vještina i instrumenata, mogu biti i drugi modeli. Instrumentalizam glede teorija može se nazvati i „konceptualnim instrumentalizmom“ koji se manje fokusira na upotrebu znanosti, ili modela, kao alata za interveniranje u materijalnom svijetu, a više kao alata „razumijevanja“, tj. alata za interveniranje u konceptualnom svijetu interpretacija i reprezentacija. (Keller, 2000:74)

“Kutija za alat znanosti” potaknula je seriju članaka u kojima su autori S. French, J. Ladyman, O. Bueno i N. da Costa (FLBD) iznijeli niz prigovora. Kritičari su uglavnom tvrdili da ključni (jedini) primjer koji navodi „The Tool Box of Science“ ne govori u prilog tome da se model ne deducira iz teorije. FLBD su pokušali dokazati da korekcija modela supravodljivosti braće London nije bila *ad hoc*, odnosno da je bila legitimirana samom teorijom. Odgovor svojim kritičarima Suárez i Cartwright donose u tekstu objavljenom više godina kasnije. Oni naglašavaju da se njihov rad može smjestiti unutar pristupa M. Morrison koji drži da su modeli autonomni. Modeli su neovisni od teorija, tj. oni imaju bitne uloge koje su odvojene od bilo koje uloge koju imaju u konstituiranju teorija. (Suárez i Cartwright, 2008:4) To odgovara onome što Morrison zove “funkcijskom autonomijom”. Studija slučaja kojom se bavi Morrison slična je onoj iz “Kutije za alat”. Ona proučava izgradnju modela graničnog sloja viskoznih tekućina Ludwiga Prandtla. Taj fenomenološki model upotrebljava formalne alate klasične hidrodinamike i Navier-Stokesove jednadžbe, ali „važno je istaknuti da aproksimacije korištene u rješenjima ne dolaze iz izravnog pojednostavljenja matematike teorije, nego iz fenomenologije protoka tekućine kako su reprezentirani u modelu.” (Morrison, 1999:59) Morgan pokazuje kako “lekcije koje se može naučiti iz modela ne trebaju izravno ovisiti o strukturi samog modela, nego o tome kako se on ponaša tijekom manipulacija koje sugerira prateći narativ.” (Morgan, 1999:386)

Doktrinu kojoj su se Suárez i Cartwright protivili dijele i “tradicionalni” sintaktički i semantički prikazi teorije. „Prema sintaktičkoj verziji teorija je skup tvrdnji, a reprezentacijski modeli bi trebali biti modeli teorije, takvi modeli da su sve tvrdnje teorije zadovoljene te nema uvezenih dodatnih pretpostavki osim onih koje su legitimno utemeljene u opisu fenomena koje treba reprezentirati.“ (Suárez i Cartwright, 2008:4-5) Međutim, kad su u pitanju semantički prikazi, u kojima su teorije skupovi modela, prema B. van Fraassenovoj verziji teorija je skup modela. (van Fraassen, 1989, Poglavlje 9) U ranoj verziji R. Gierea (Giere, 1988; Poglavlje 3) „teorija općenito pruža samo idealne modele, uglavnom jednostavne idealne modele. Za tretiranje stvarnih, kompleksnih fenomena, idealnom modelu se dodaje sve više činjenica istinitih o stvarnoj situaciji sve dok se ne dobije dovoljno dobru reprezentaciju fenomena. No, kao u konvencionalnom sintaktičkom prikazu, kao u prikazima deidealizacije Poznanske skupine (Nowak, 1980), dopune modela trebaju biti legitimirane opisima samih fenomena. To je zbog razloga dostojnog poštovanja: dobra teorija ne treba se oslanjati na *ad hoc* prilagodbe kako bi ispravno prikazala fenomene.“ (Suárez i Cartwright, 2008:5)

Sintaktički i semantički pogled drže da su modeli uvijek modeli teorije. Prema tome, modeli trebaju odgovarati teoriji, oni reprezentiraju i interpretiraju teoriju. No, ako su modeli autonomni, onda oni ne moraju odgovarati teoriji. To semantičari, npr., ne mogu prihvatiti. Oni misle (van Fraassen npr.), da se formalizacijom modele uvijek može podvesti pod teoriju. Ako su modeli autonomni, onda se ne moraju legitimirati modeli, nego teorija. To je otprilike ono što kaže E. McMullin, samo što on kreće od opisa, a ne od modela. (McMullin, 1985) Modele dodaju Suárez i Cartwright. McMullinovi “opisi” su možda ono što Cartwright naziva “fenomenološkim zakonima”. No, Suárez i Cartwright rade još jedan obrat. Kod McMullina jamstvo ide od (opisa) fenomena prema teoriji. No, kod primjene teorije na fenomen se uvode deidealizacije koje moraju biti legitimirane da bi jamstvo prešlo s uspješnog modela na teoriju.

Dobra teorija ne treba se oslanjati na *ad hoc* prilagodbe. To ne znači da je teorija koja se oslanja na *ad hoc* prilagodbe loša, niti to znači da su *ad hoc* modeli loši. No, kako znamo da teorija koja se koristi *ad hoc* modelima ispravno prikazuje fenomene? Takva pitanja pristup Suáreza i Cartwright izbjegava jer teorija ne reprezentira fenomene. Teorija daje alate za konstruiranje reprezentacija.

Prema prijedlogu Suáreza i Cartwright o odnosu teorije prema modelima koje se izrađuje da bi se reprezentiralo fenomene, pitanje *ad hoc* prilagodbi izravno se ne pojavljuje. Teorija često uopće ne pruža reprezentacije. Umjesto toga, kažu autori, ona daje alate za konstruiranje reprezentacije. To znači da je „uništena stara nada o jednostavnoj legitimaciji predviđanja: dokaz potvrđuje teoriju, što pak podrazumijeva predviđanja. Predviđanja su zajamčena samim dokazima koji potvrđuju teoriju. Od tog puta do jamstva odustaje se kada predviđanja ne slijede iz teorije, nego zahtijevaju postupke koji nisu dopušteni ni teorijom ni činjenicama situacije.“ (Suárez i Cartwright, 2008:5)

Takvi „postupci“ su (skoro) uvijek potrebni kod „poravnavanja“ modela i fenomena. Želi se dobiti „analog fenomenološkog zakona“ (Cartwright, 1983:152), dobiti malo-pomalo slaganje modela i fenomena. (Cartwright, 1983:162)

Ako su teorije samo alat za izradu modela, onda se predviđanja ne može legitimirati pomoću teorija. Predviđanja ne dobivaju jamstvo od dokaza koji potvrđuju teoriju. Predviđanja ne slijede iz teorije zato što trebaju „postupke“ koje ne dopuštaju ni teorija ni podatci.

Dakle, model braće London je uveo *ad hoc* korekcije. „Sposobnost uspjeha modela Londona da potvrdi teoriju korištenu u svojoj izgradnji je nagrižena. Ipak je trijumf teorije prikazati nove fenomene na ovaj *ad hoc* način. No, to je više povezano s instrumentalnom pouzdanošću teorije, nego s njenom istinitošću.“ (Suárez i Cartwright, 2008:6)

Instrumentalna pouzdanost je novo mjerilo, jamstvo, opravdanje, potvrda za teorije. Teorija je instrumentalno pouzdana ako njezine primjene na *ad hoc* način proizvode željene rezultate. Takav rezultat opravdava, daje jamstvo i teoriji, ali samo kao pouzdanom alatu, i novim načinima primjene teorije. Pouzdanost primjene ne daje jamstvo istinitosti teorije.

Stajalište koje Suárez i Cartwright kritiziraju nazivaju “pogledom na modele vođenim teorijom” (*theory driven*) te ih ukratko prikazuju na sljedeći način:

CSS općenita tvrdnja:

“Teorijom vođeno gledište želimo pobiti na temelju sljedećeg: rijetko je slučaj da se do modela fenomena dolazi deidealizacijama teorijskih modela.“ (Cartwright et al., 1995:142; Suárez i Cartwright, 2008:7)

Ta tvrdnja govori u prilog autonomije modela, a dolje navedeni primjer to konkretno potvrđuje:

O modelu Londona Suárez i Cartwright posebno zaključuju:

CSS specifična tvrdnja:

“Nova jednadžba [tj. nehomogena jednadžba] očito *nije* pronađena uvođenjem ispravaka u staru jednadžbu... [niti je ona] izvedena iz osnovnih elektromagnetskih jednadžbi uz skup različitih fizičkih pretpostavki. U stvari, s točke gledišta *teorijom vođenog gledišta* ograničenje na homogenu jednadžbu upravo izgleda *ad hoc*.“ (Cartwright et al., 1995:148; Suárez i Cartwright, 2008:7)

O uvjerenosti toga primjera ovisi cijela argumentacija Suáreza i Cartwright. Ako su te dvije tvrdnje točne, to potkopava obje inačice pogleda na modele vođene teorijom, i sintaktičku i semantičku.

Autori tekst „Kutija za alat“ zaključuju sljedećim riječima: „Potrebno je priznati neovisnost o teoriji, u ciljevima i metodama, znanstvene djelatnosti koju smo nazvali fenomenološkom izgradnjom modela“. (Cartwright et al., 1995:148) To ponavlja slogan “modeli kao posrednici“ da su modeli uglavnom “autonomni” od teorije. (Suárez i Cartwright, 2008:7)

Čini se da je „pogled vođen teorijom“ kojem se autorski dvojac suprotstavlja bio „krivo shvaćen kao znatno slabija tvrdnja“ nego što su oni to definirali. Tekst koji je izričito naumio braniti instrumentalističku ulogu teorije u izgradnji modela (Cartwright et al., 1995) je potaknuo seriju članaka u kojima su autori S. French, J. Ladyman, O. Bueno i N. da Costa (FLBD) iznijeli niz prigovora. Prema Suárezu i Cartwright, FLBD su tekst „pogrešno shvatili“ kao da zagovara pogled na teorije prema kojem one „nemaju nikakvu ulogu“. (Suárez i Cartwright, 2008:8)

Kritičari drže da je teza (Cartwright et al., 1995) jača nego što zaista jest. To je zato što ti isti kritičari smatraju da je pogled vođen teorijom slabija teza nego što zaista jest. Kritizirati pogled vođen teorijom ne znači poricati teoriji bilo kakvu ulogu. Ako kritičari (Cartwright et al., 1995) misle da pogled vođen teorijom uključuje i *ad hoc* odnose modela i teorije, onda oni pogrešno interpretiraju pogled vođen teorijom. No, tvrdnja da modeli teorije ne smiju imati *ad hoc* modele može se sa sigurnošću pripisati sintaktičarima. Suárez i Cartwright drže da analogno misle i semantičari. Ako je teorija skup modela, onda samim time nisu iz teorije isključeni *ad hoc* modeli. Suárez i Cartwright pretpostavljaju da se modelom teorije ne može smatrati onaj koji teoriju ne potvrđuje/opravdava. Da bi teorija mogla biti potvrđena dokazima, oni se moraju odnositi na teoriju na prikladan način. Semantičari bi također morali vjerovati da bi dodaci modelu morali biti legitimirani opisima samih fenomena. Tu nema mjesta za *ad hoc* dodatke.

Tekst (Cartwright et al., 1995) bio je djelomično inspiriran nekim tekstovima E. McMullina u kojima on „razlikuje kauzalnu idealizaciju i idealizaciju konstrukta.“ (McMullin, 1985) Kauzalne idealizacije su „pojednostavljenja izravno provedena na fenomenima i njihovim uvjetima proizvodnje. Kao primjer moglo bi se navesti „izolaciju i druge tehnike eksperimentalne kontrole potencijalnih čimbenika smetnji.“ Nadalje, konstrukt idealizacije su „pojednostavljenja provedena na teorijskom opisu ignoriranjem nekih od svojstava opisanog fenomena.“ Kao što je poznato najkorišteniji primjer u klasičnoj mehanici je opis njihala kao jednostavnog harmonijskog oscilatora koji ignorira trenje. (Suárez i Cartwright, 2008:8-9)

U svom je radu McMullin tvrdio da „realistički stav prema teoriji ne mora zahtijevati da model fenomena bude deduktivna posljedica teorije, ali mora zahtijevati da pojednostavljenja uvedena u opis budu *legitimirana* teorijom ili inače prihvatljivim opisom fenomena. Inače, jamstvo neće putovati od (dokaza) fenomena prema teoriji.“ Suárez i Cartwright su ovdje suglasni s McMullinom: „Postupak u kojem teorija biva primijenjena na

fenomen na način koji ga postupno čini realnijim opisom mora uključivati 'deidealizaciju' legitimnim koracima da bi se uspjeh modela mogao uzeti kao dokaz za istinu teorije i stvarnost njenih entiteta.“ (Suárez i Cartwright, 2008:9)

To je precizno izražena kritika pokušaja semantičkog pogleda da zaobiđe proces modeliranja. Teorija nije opravdana ili potvrđena *ad hoc* modelom. Jamstvo ne prelazi s modela na teoriju formalizmom kakav zastupa semantički pogled. Zastupnici “pogleda vođenog teorijom” pogrešno shvaćaju da je on mnogo slabija tvrdnja nego što to misle Suárez i Cartwright. Van Fraassen ne vjeruje u autonomiju modela, pa onda i ne smatra da je proces modeliranja posebno zanimljiv.

Prema semantičarima bi svaki (reprezentacijski) model bio model teorije. Oni zastupnike autonomije modela ne razumiju. Autonomni model, prema semantičarima, uopće nije model. Slično mišljenje ima i Morrison. (Morrison, 2007) Za zastupnike instrumentalizma teorija, one nisu potvrđene ili opravdane ili zajamčene i ne reprezentiraju, jer su samo alat.

McMullin, dakako, brani realizam. Teorija mora biti opravdana, potvrđena da bi se moglo tvrditi da je istinita. Cartwright je realist glede teorijskih entiteta. U svakom slučaju, pozivanje Suáreza i Cartwright na McMullina znači pozivanje na argument realista. Toga se Suárez i Cartwright ne ustručavaju iako bi njihovi protivnici, ako su antirealisti kao van Fraassen, mogli odbaciti cijeli argument, tj. zašto bi antirealisti morali prihvatiti argument izveden iz McMullinovog?

Bueno, French i Ladyman neovisnosti teorije pripisuju drukčiji smisao od onog koji mu daju Suárez i Cartwright. (Bueno et al., 2002) Oni, zapravo, predlažu dva načina na koje se može reći da su modeli „samostalni“ od kojih ni jedan na prvi pogled nije jednak ideji koju zastupa autorski dvojac, ideji da model nije vođen teorijom. Kao prvo, oni sugeriraju, da model može biti autonoman u apsolutnom smislu tako da nema teorije koja ga deduktivno povlači. Kao drugo, model može biti autonoman u relativnom povijesnom smislu tako da teorija koja ga inspirira još nije pronađena. (Suárez i Cartwright, 2008:9)

Što se tiče prvog, Suárez i Cartwright nigdje ne kažu da biti vođen teorijom znači samo biti „izvediv (koji se može deducirati) iz teorije“. (Suárez, 1999:176) Dakle, vođen teorijom se više odnosi na to kako su opravdane promjene koje se ne može deducirati iz čiste teorije. (Suárez i Cartwright, 2008:10) Drugim riječima, kao što Suárez već ranije tvrdi: „Ako teorija treba dobiti potvrdne poticaje od svojih primjena, korekcije ne samo da trebaju biti

konzistentne s teorijom, nego također, ako ih teorija ne treba diktirati, barem ih treba *sugerirati*.“ (Suárez, 1999:176)

Suárez i Cartwright preciziraju, u skladu s McMullinom, da je model neovisan od teorije ako nije izgrađen kao deidealizacija teorije visoke razine pomoću poboljšanja koja legitimiraju neovisno prihvatljivi opisi fenomena. (Suárez i Cartwright, 2008:10) Ili kako to Suárez već ranije kaže „... teorija sama mora sadržavati informaciju koja je potrebna da bi se izabralo točnu aproksimaciju ako se dotičnu aproksimaciju želi smatrati *deidealizacijom* teorije.“ (Suárez, 1999:176)

Ponekad se čini da se FLBD slažu sa stajalištem Suárez i Cartwright. Osvrćući se na tridesetogodišnji rad na modelima Da Costa i French primjećuju: “Sigurno da nitko pri zdravoj pameti neće tvrditi da se svaki razvoj modela u znanosti odvija deduktivno”. (da Costa i French, 2000:121) Suárez i Cartwright se slažu s autorima ako misle “čisto deduktivno“. No, nastavljaju oni, „ako misle da bi model trebao biti u skladu s teorijom, a svi dodaci i brisanja i ispravci biti neovisno motivirani, onda ne mislimo da je to nakon svega tako nesmotren pogled.“ (Suárez i Cartwright, 2008:10) Stoga zaključuju da „nitko pri zdravoj pameti neće tvrditi da je svaki razvoj modela takav“, ali pogled vođen teorijom „tvrdi da bi trebao biti u slučajevima u kojima teorija može objasniti ili legitimirati model, i to s dobrim razlogom.“ (Suárez i Cartwright, 2008:10) Pogled vođen teorijom dopušta takvu mogućnost jer bi cijena odustajanja od toga bila previsoka: „Ako se značajke modela ne može izvesti iz teorije pomoću legitimnih opisa ciljnog sustava, onda se jamstvo koje uspješna teorija dobiva time što ima brojne dokaze u svoju korist ne može prenijeti na model.“ (Suárez i Cartwright, 2008:10)

FLBD bi htjeli ublažiti pogled na modele koji je vođen teorijom, modeli se ne izvode iz teorije samo deduktivno. No, trebaju postojati uvjeti koji određuju kako iz takvih modela teorije dobivaju jamstvo, kako bivaju potvrđene.

Suárez i Cartwright drže da nije sasvim jasno jesu li FLBD i sami spremni odbaciti pogled vođen teorijom. Naime, prema Buenu, Frenchu i Ladymanu, kada “nije jasno kako bi se [model] moglo dobiti iz teorije visoke razine na više-manje izravan način“, tu činjenicu „graditelji modela često oplakuju, a ona je vrlo često samo privremena.“ (Bueno et al., 2002:515) Njihovo gledište sugerira da je općenito dobro da je to privremeno. S druge strane, FLBD podupiru teoriju pragmatičke istine koja „zahtijeva samo da se model fenomena uklapa u teoriju da bi tvrdnje modela bile pragmatički istinite u odnosu na teoriju.“ (Suárez i

Cartwright, 2008:11) Tako bi i Suárez i Cartwright, kao i FLBD, imali pomiješan stav prema strogim zahtjevima pogleda vođenog teorijom: „Jako je korisno za teorije i modele da se odnose kao što pogled zahtijeva pa je time zadovoljavanje zahtjeva pogleda vođenog teorijom *ceteris paribus* poželjan cilj.“ (Suárez i Cartwright, 2008:11) No, to se ne može držati normom dobre znanstvene prakse.

Poželjno je da teorije i modeli imaju izravnu vezu. No, to najčešće nije ostvarivo. Koliko bismo znanosti danas imali da su se znanstvenici držali pogleda vođenog teorijom?

Studija slučaja na kojoj Cartwright, Suárez i Shomar grade svoju kritiku pogleda vođena teorijom je model supravodljivosti braće London. Taj model se ne može izvesti (samo) iz teorije elektromagnetizma. (Cartwright et al., 1995) Dakako, da FLBD pokušavaju na sve načine kritizirati takvo tumačenje nastanka modela braće London. Ključni prijevor nastaje oko promjene analogije: „... model Londona zamjenjuje staru analogiju supravodiča kao feromagneta novom – supravodiči su kao dijamagneti. [...] Analogija nam pomaže da shvatimo kako braća London rabe svoj model i što čine ili ne čine s njim: koje pretpostavke dodaju a koje ne, koje aproksimacije rade i koje fragmente elektromagnetske teorije upotrebljavaju. Formalna rekonstrukcija modela sama po sebi nam ne može pomoći da to razumijemo.“ (Suárez i Cartwright, 2008:12)

Ovdje Suárez i Cartwright *eksplicitno* kažu da je razumijevanje procesa modeliranja važno, za neke svrhe. Oni ne kažu, a mogli bi, da ako ne razumijemo proces modeliranja, onda ne razumijemo ni model. Međutim, oni kažu još nešto drugo. Oboje naglašavaju kako filozofi znanosti ne razumiju modele i to općenito zato što ne razumiju kako modeli nastaju. Oni, dakle, ne razumiju ni teorije, ukratko veliki dio znanosti. To je u skladu s praktičnim obratom u filozofiji znanosti.

Formalna rekonstrukcija nam ne pomaže ako trebamo razumjeti sam proces modeliranja. No, još nije uvjerljivo pokazano zašto bismo ga trebali razumjeti osim ako nas zanima povijest znanosti. Formalna rekonstrukcija nam ne pomaže, ali zato nam pomaže analogija. No, ona nam pomaže da razumijemo što braća London rade sa svojim modelom.

U skladu je s tezom Suáreza i Cartwright da „*fenomenološka izgradnja modela* ovdje znači izgradnju modela koji, pružajući pouzdane reprezentacije, *ne slijede* iz teorije bilo deidealizacijom bilo uvođenjem inače prihvatljivih opisa činjenica.“ (Suárez i Cartwright, 2008:13) Čini se da postoje tri različita i neovisna značenja “fenomenološkog”: (i) model koji reprezentira fenomene, (ii) model čije konstruiranje nije bilo vođeno teorijom i (iii) model

koji je izveden isključivo iz mjerenja. Autori su se usredotočili na (ii). Nasuprot njima, FLBD često slijede Fritza Londona u fokusiranju na (iii). Međutim (iii) nije suprotstavljen pogledu vođenom teorijom, tako da on ne može biti dio instrumentalističkog pogleda koji zastupaju Suárez i Cartwright. (Suárez i Cartwright, 2008:13)

Suárez i Cartwright se brane od optužbe da su model braće London proglasili fenomenološkim modelom. Radi se samo o različitom shvaćanju što znači „fenomenološka izgradnja modela“. U sljedećemu prigovoru tumačenju modela braće London u (Cartwright et al., 1995) French i Ladyman proučavaju opseg strukture stare teorije koji je očuvan u modelu Londona. French i Ladyman drže da Maxwelllove jednadžbe modelu braće London još daju „široki teorijski kontekst“. (French i Ladyman, 1997:381) Zaista, slažu se Suárez i Cartwright, model braće London se može shvatiti kao razvoj ranijih modela supravodljivosti koji radi brisanja (one pretpostavke koje supravodiče tretiraju kao feromagnete) i dodavanja (pretpostavke o supravodičima kao dijamagnetima).

No, tu je riječ o *ad hoc* „korekcijama“. Suárez i Cartwright tvrde da u detaljima modela braće London nema novog opisa fizičke strukture supravodiča, koji dopušta odbacivanje Ohmovog zakona i uvođenje nehomogene jednadžbe.“ (Suárez i Cartwright, 2008:14)

Prema FLBD, modeli su parcijalne strukture koje se mogu odnositi na druge modele i na svijet. Zapravo, kada FLBD govore o odnosima modela i svijeta, oni uvijek misle na odnose dvaju modela. Jedan od njih je potpuniji ili pouzdaniji i taj je model svijeta. Kao i drugi semantičari, FLBD zahtijevaju da odnos dvaju modela bude izomorfizam, samo ovaj put parcijalni. Npr. French i Ladyman pišu: „Naša je središnja tvrdnja da predočiti ikoničke modele, materijalne modele, i tako dalje (...) znači iznijeti određene (parcijalne) strukture teorije skupova (...) problem je kako (...) bi [modeli] trebali biti reprezentirani tako da što bolje uhvate relevantne aspekte ‘prakse’.“ (French i Ladyman, 1999:107) Suárez i Cartwright ukazuju da se takvo razmišljanje primjerice može naći kod da Coste i Frencha (2000:120) koji tvrde da čak i uz pretpostavku da je „istina da postoje modeli koji su razvijeni na način koji je neovisan od teorije, oni još uvijek mogu biti reprezentirani pomoću strukture [teorije skupova].“ (Suárez i Cartwright, 2008:16) Suárez i Cartwright tvrde da te „strukture mogu obuhvatiti mnogo prakse smatraju neuvjerljivom.“ Za njih model teorije skupova može „reprezentirati skup tvrdnji: on predstavlja skup predmeta i pokazuje odnose koji bi trebali vrijediti za te predmete.“ (Suárez i Cartwright, 2008:16) Dakle, tvrde oni, sva znanstvena praksa, koja se ne sastoji od izricanja tvrdnji, biva izostavljena iz modela teorije skupova.

Međutim, ostaje otvoreno pitanje kako „reprezentirati posuđivanje malo-pomalo koje se često događa kod izgradnje novog modela ili nove teorije.“ (Suárez i Cartwright, 2008:17) „Posuđivanje malo-pomalo“ središnja je praksa znanstvenog modeliranja. Stoga je problem za FLBD upravo to da posuđivanje malo-pomalo ne može biti reprezentirano parcijalnim izomorfizmom. (Suárez i Cartwright, 2008:18) Na primjeru modela braće London pristup FLBD pokazuje da semantičarske reprezentacije ne obuhvaćaju „gotovo nijednu od zanimljivih značajki toga kako se tranzicija [između modela supravodiča kao feromagneta i modela supravodiča kao dijamagneta] dogodila.“ French i Ladyman se doduše slažu sa Suárezom i Cartwright o povijesnim detaljima tranzicije od akceleracijske jednadžbe do teorije braće London (npr.: koje su sve vrste motiva braća London imali, s kojim su tehnikama bili upoznati, koje informacije su morali prenijeti itd.)“ (Suárez i Cartwright, 2008:20) No, oni ne vide način da se te zajedničke pretpostavke izrazi kao odnos među strukturama teorije skupova, kao što to zastupaju FLBD.

Bueno, French i Ladyman se tu pozivaju na Lakatosevu podjelu povijesti znanosti na “unutrašnju” i “vanjsku”. (Bueno et al., 2012) Značajke o kojima govore Suárez i Cartwright u FLBD prikazu sudjeluju indirektno, preko *heurističkih faktora* koje manifestiraju u praksi, a ne direktno kako to traže Suárez i Cartwright. Tu se radi o jednoj crti podjele sličnoj Lakatosevoj.

Suárez i Cartwright ne žele usvojiti određene odnose među strukturama teorija i modela čak i kad bi se te strukture moglo formalizirati. No, mogli bi usvojiti mnogo liberalniji (bez predrasuda) prikaz odnosa između teorija i modela kao hijerarhije struktura. Taj prikaz bi mogao biti pokušaj formaliziranja znanstvene prakse. U njemu se oni potpuno suzdržavaju od pretpostavki o strukturnim odnosima između teorije i različitih modela.

U tom okviru teorijski model sjedi na vrhu hijerarhije modela fenomena.

Pretpostavimo da struktura na dnu ima za svoju domenu D_0 samo predmete koje možemo izravno mjeriti. „Sljedeća struktura iznad spomenute je definirana uvođenjem skupa novih odnosa na proširenoj ili potpuno drukčijoj domeni. Cijela je hijerarhija definirana u više koraka, ili slojeva, od kojih svaki može uključivati promjenu elemenata u domeni ili promjenu skupa odnosa. Ove operacije su namijenjene reprezentiranju znanstvene prakse, stoga one odgovaraju operacijama i redefinicijama domene koje se izvode tijekom znanstvenog istraživanja. Prijelaz iz jedne strukture u sljedeću gornju nije utemeljen ni u kojim svojstvima samih struktura, ni u njihovim odnosima, nego u takozvanim 'ulaznicama

zaključka (*inference tickets*)' (Kaiser, 1991) kojih ima dvije vrste: kao jamstva za redeskripciju domene ili kao legitimacije novih vrsta operacija i računanja.“ (Suárez i Cartwright, 2008:25) Ono teorijsko znanje koje je uključeno nije nužno znanje izvedeno iz jedne te iste teorije. Tehnike i instrumenti sondiranja, teorija pogreške, metode testiranja kako bi se eliminirali beskorisni uzorci i statističke tehnike za tretiranje podataka daju te ulaznice zaključka.

Bueno, French i Ladyman (2012) prigovaraju ovakvom prikazu da „ulaznice zaključka” inače propisuju načine prelaska s jedne razine na drugu. (Bueno et al., 2012) No, one ne daju razloge te se oni pitaju, što dopušta izdavanje „ulaznica zaključka“? One nisu primitivne ili neutemeljene, nego se oslanjaju na relevantne odnose među strukturama. Bueno, French i Ladyman su uvjereni da Suárezu i Cartwright nije jasno o čemu se tu radi.⁴ (Bueno et al., 2012)

U takvoj vrsti hijerarhije struktura, konstruiranje modela fenomena je neovisno o teoriji upravo onako kako su to Suárez i Cartwright opisali. To je vrlo nerestriktivni strukturalizam jer se odriče zahtjeva da strukture trebaju pokazivati korespondencije *bilo koje vrste*. Viša struktura ne mora usađivati, potpuno ili djelomično, niže strukture u hijerarhiji. Također se ne očekuje da među njima postoji potpuni ili djelomični izomorfizam ili homomorfizam. Suárez i Cartwright pokušavaju pokazati krajnji domet formalizacije te daju primjer koji bi možda mogao uključiti praksu modeliranja.

Okvir u kojem su Suárez i Cartwright htjeli hipotetski iznijeti najliberalniju verziju semantičkog pogleda može prikazati posuđivanje malo-pomalo koje je karakteristično za praksu modeliranja upravo zato što izostavlja iz opisa sve što je bitno za njihovu tezu iz (Cartwright et al., 1995). A to su stvarni razlozi koje znanstvenici nude za izgradnju novog modela. „Okvir izostavlja upravo zaključivanje braće London u izvođenju njihovog modela iz teorije akceleracijske jednadžbe, a to je ono za što smo tvrdili da je ključno za procjenu pogleda vođenog teorijom. Dakle, vidimo da prikladna strukturalna karakterizacija ove prakse u najboljem slučaju može ispravno opisati *proizvode* prakse modeliranja (tj. same modele),

⁴ Odgovor Buena, Frencha i Ladymana je „Models and structures: Phenomenological and partial“, 2012. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*.

nužno izostavljajući intelektualne *proces*e koji dovode do tih modela.“ (Suárez i Cartwright, 2008:26-27)

Razumijevanje razloga za modeliranje je, dakle, najvažnija novost pogleda „kutije za alat“ jer se bez razumijevanja tih razloga ne može procijeniti pogled vođen teorijom. Instrumentalizam glede teorija drži da se mora razumjeti razloge za upotrebu neke teorije kao alata za modeliranje.⁵ Suárez i Cartwright žele pokazati da čak ni vrlo liberalni formalizam ne može objasniti odnos teorije i modela. Bez razumijevanja razloga za modeliranje ne može se rekonstruirati posuđivanje malo-pomalo. Bez takve (formalne) rekonstrukcije modeli ostaju autonomni.

Parcijalne strukture onako kako ih definiraju FLBD nisu prikladne za rekonstrukciju posuđivanja malo-pomalo koje upotrebljavaju braća London, a koje je u središtu uspješne prakse modeliranja. „To izaziva ozbiljnu sumnju da bi se bilo koji tip formalnih odnosa teorije skupova mogao upotrebljavati kao sredstvo za razumijevanje širokog spektra odnosa među srodnim modelima koji su važni za uspješnu izgradnju modela.“ (Suárez i Cartwright, 2008:27)

Suárez i Cartwright su pokušali pokazati je li moguće formalnim pristupom dati dobar prikaz, u skladu sa semantičkim pogledom, ne samo apstraktne naravi teorije, nego i prakse teoretiziranja. U potonje se može sumnjati.

Suárez i Cartwright na kraju postavljaju pitanje imaju li dobre teorije kanonsku formalnu reprezentaciju koja „ide u srž onoga što one kažu i koja je ista za sve, ili barem za većinu, praktičnih svrha teoretiziranja“? (Suárez i Cartwright, 2008:27-28) Oni u to sumnjaju jer „smatraju da se u praksi teoretiziranje sastoji od heterogene mješavine članaka, udžbenika, predavanja, doktorskih seminara, praksi, tehnika, eksplicitnih objašnjenja, implicitnih, napola formiranih razumijevanja i slično.“ (Suárez i Cartwright, 2008:28) Suvremeno proučavanje znanosti (povijest, sociologija i filozofija) pokazuje da je „ono što znamo 'teorijski' zabilježeno na ogromnom broju mjesta na ogroman broj različitih načina, ne samo u riječima i formulama, nego i u strojevima, tehnikama, eksperimentima kao i u primjenama. Pokušaji da se iz toga probere jednu kanonsku formulaciju vjerojatno će ili ispustiti veći dio onoga što

⁵ To je pogled koji je također glavna meta (Cartwright, 1983). Tamo se on naziva prikazom objašnjenja pomoću krovnoeg zakona. Tu pripada i deduktivno-nomološki prikaz objašnjenja.

konstituiraju korištenje i primjenu teorije u praksi, ili biti tako apstraktno da je gotovo bez sadržaja.“ (Suárez i Cartwright, 2008:28)

Suárez i Cartwright tvrde da semantički pogled u najboljem slučaju korektno opisuje proizvode prakse modeliranja, dok nužno izostavlja proces koji vodi do tih modela. Van Fraassen odgovara da je to samo pitanje naglaska i interesa. Kažu li Suárez i Cartwright zašto je važno „korektno opisati“ proces? Lakatos kaže zašto *nije* važno: „Povijest znanosti je uvijek bogatija od svoje racionalne rekonstrukcije. No, racionalna rekonstrukcija, ili unutrašnja povijest je primarna, vanjska povijest samo sekundarna, jer su najvažniji problemi vanjske povijesti definirani unutrašnjom povijesti.“ (Lakatos, 1971:105) To vodi prema pitanju o važnosti povijesti za filozofiju znanosti: „Filozofija znanosti bez povijesti znanosti je prazna. Povijest znanosti bez filozofije znanosti je slijepa.“ (Lakatos, 1971:102) Ako je pragmatički pristup historijski, onda je važna racionalna rekonstrukcija jer ona definira probleme pragmatičkog pristupa. „Racionalna rekonstrukcija je historijski narativ u kojem su događaji objašnjeni referiranjem na neki metodološki uzorak (npr. falsifikacija ili indukcija).“ (Larvor, 2000:157) Ako filozof drži da povijest znanosti ima neki epistemički sadržaj (a nije samo lanac ezoteričnih tekstova; Larvor, 2000:157), mora biti obvezan nekoj *normativnoj* koncepciji znanstvenog.

Cartwright naglašava da je slika kutije za alat znanosti koja opisuje njezinu vrstu instrumentalizma dio pokreta za potkopavanje dominacije teorije. Njezin instrumentalizam nije samo način razumijevanja teorije suprotstavljen realizmu. On je instrumentalizam znanosti u kojem su dijelovi razumijevanja koji sačinjavaju znanost samo alati u zajedničkoj znanstvenoj kutiji za alat. Ti dijelovi razumijevanja ravnopravno su raspoređeni u teorijama kao i u instrumentima, tehnikama i metodama. Za razliku od klasičnog instrumentalizma u kojem je samo teorija alat, ovdje je cijela znanost alat. Cartwright također naglašava da ti komadići razumijevanja nisu tvrdnje o prirodi koje bi mogle biti kandidati za istinu ili neistinu. Tako je Cartwright dio onog pokreta koji ide prema reprezentaciji kao odnosu modela i svijeta.

Ono čemu se (Cartwright et al., 1995) protivi je „prikaz odnosa teorije i modela pomoću krovnog zakona“. Modeli nisu već oblikovani, kao što je teorija već oblikovana. Cartwright eksplicitno govori o slici stvaranja modela. Ta slika je pogrešna, pa nas mora zanimati koja slika stvaranja modela je ispravna. Prema Cartwright, modeli nastaju pomoću alata među kojima je i teorija.

Nakon primjera izgradnje prigušenog linearnog oscilatora iz jednostavnog harmoničkog oscilatora, Shomar i Suárez nastavljaju: „Teorijom pokrenut pogled na model tvrdi da, što više korekcijskih termina uvedemo, model postaje realističnija reprezentacija sustava. [...] Komplementarna toj pretpostavci [...] je teza da je uloga znanstvenika kod konstruiranja modela ograničena na uvođenje fizikalno dobro motiviranih korekcijskih termina u teorijske, više idealizirane, modele.“ (Cartwright et al., 1995:142) Autori zaključuju da je modeliranje neovisno o teoriji. To nije isto kao reći da su modeli autonomni, ali nije ni daleko.

Cartwright u (Cartwright et al., 1995) ide korak dalje od (Cartwright, 1983) u kojemu je još vjerovala da teorije daju modele da bi reprezentirale svijet. One samo ne reprezentiraju naročito točno. U (Cartwright, 1999c) ona objašnjava ulogu teorija. One pokazuju apstraktne odnose među apstraktnim pojmovima, govore nam o „sposobnostima“ i „tendencijama“ sustava koji potpadaju pod te pojmove. Specifično ponašanje nije fiksirano sve dok ti sustavi nisu smješteni u vrlo posebne vrste situacija. (Cartwright, 1999c:242)

Teza da zakoni lažu bila je posljedica tadašnjeg vjerovanja u standardni prikaz koji pretpostavlja da se ono što je teoriji moguće proteže točno toliko koliko i njene deduktivne posljedice. To Cartwright sada (1999.) naziva „pogledom prodajnog automata“. „Znanje izraženo fundamentalnim principima fizike daje vrlo moćan alat (oruđe) za izgradnju modela fenomena [...] No, modeli zahtijevaju zajednički napor. [...] Znanje treba skupljati tamo gdje ga se može naći, daleko izvan granica onoga što pojedina teorija kaže, bez obzira na to koliko fundamentalnom – i univerzalnom – smatramo tu teoriju.“ (Cartwright, 1999c:243-244)

U jednom od svojih posljednjih radova Cartwright pojačava svoje sumnje u standardni prikaz znanstvenih teorija. Autorica primjećuje da su filozofi znanosti pokušavali aksiomatizirati svoje omiljene “znanstvene teorije”, a znanstvenici, pogotovo fizičari, da su se na svoj način pridružili tom pothvatu. Nadalje, već se dugo u filozofiji raspravlja o prednostima semantičkog nasuprot sintaktičkom pogledu na teorije. Postavlja se pitanje je li „teorija skup tvrdnji koje bi trebale biti istinite o svijetu, osobito mali skup jednostavnih elegantnih općih tvrdnji? Ili je umjesto toga skup univerzalnih modela koji bi se trebao kao zemljovid na određeni način odnositi prema svijetu? Dakle, cijelo vrijeme govorimo o teoriji. No, gdje je u znanosti ta posebna stvar koja se zove 'teorija'?” (Cartwright, 2012:2)

Cartwright još jače naglašava svoje dvojbe u standardni prikaz znanstvenih teorija: “Posljednja dva desetljeća naglašavanja znanstvene prakse [...] za razliku od znanstvene

teorije su istaknula da postoji velik broj znanstvenih praksi koje čine znanost, uključujući klasificiranje, eksperimentiranje, mjerenje, usklađivanje standarda, projektiranje i izgradnju strojeva, [...] konstruiranje modela i nacrti za specifične slučajeve, stvaranje novih tvari i materijala i novih načina da se promijeni svijet, [...] razvoj novih dijelova matematike, otkrivanje, stvaranje i stabiliziranje fenomena, računanje, zaključivanje, proizvodnju, pročišćavanje i obranu vrlo specifičnih konkretnih tvrdnji o specifičnim situacijama i specifičnim sustavima, pribavljanje velikog broja *ceteris paribus* zakona niske razine itd.” (Cartwright, 2012:2-3)

Gdje se onda, prema Cartwright, nalazi znanstveno znanje? “Znanstveno znanje odraženo je i kodirano u svemu tome ako se obavlja uspješno. I, kao što tvrdim već dugo vremena, malo tog znanja, ako imalo, je zabilježeno, čak i na vrlo apstraktan način, u onome što se naziva 'znanstvenom teorijom' kada govorimo, recimo, o semantičkom nasuprot sintaktičkom pogledu na teorije.“ (Cartwright, 2012:3) Nešto od tog znanja zabilježeno je u teorijama „onako *kako ih se razumije kroz praksu i kako ih razumiju praktičari*. Postupci i primjene nisu samo neophodni *pored* zakona i teorija, nego postupci i primjene daju sadržaj teorijskim tvrdnjama i zakonima.” (Cartwright, 2012:3) Bez tih postupaka i tih primjena “tvrdnje su samo riječi“, o čemu je već pisao Th. Kuhn: „Uzmimo, kao (...) primjer, prilično veliku i raznovrsnu zajednicu kakvu čine svi znanstvenici koji se bave fizikom. Svi članovi te skupine danas uče, recimo, zakone kvantne mehanike i većina – u nekom trenutku svoje istraživačke ili predavačke aktivnosti – upotrebljava te zakone. Međutim, svi ne uče iste primjene ovih zakona te tako nisu svi na jednak način pod utjecajem promjena u kvantno-mehaničkoj praksi. Na putu ka stručnoj specijalizaciji mali broj znanstvenika koji se bave fizikom susreće samo osnovne principe kvantne mehanike. Jedni detaljno proučavaju paradigmatičke primjene ovih principa na kemiju, drugi na fiziku čvrstih tijela i tako dalje. Što kvantna mehanika znači za svakoga od njih, zavisi o tome kakve je kolegije prošao, koje je knjige pročitao i kakve je časopise izučavao. [...] Ukratko, iako je kvantna mehanika (ili newtonovska dinamika ili elektromagnetska teorija) paradigma za mnoge znanstvene skupine, ona nije ista paradigma za sve njih.“ (Kuhn, [1962] 1999:61-62)

U djelima Petera Galisona ta se ideja dalje razvija. On tvrdi da “različite znanstvene skupine usađuju ono što se može činiti da su jednaki pojmovi u vrlo različite mreže prakse i zaključaka koje tako utjelovljuju različita razumijevanja. Komunikacija među skupinama sa svojim različitim 'gustim' razumijevanjima nije putem ogoljenih 'pidgin' jezika dovoljna da se ispune zadatci bilo koje od zasebnih skupina koje ih govore.” (Galison, 1997)

Svoju skepsu glede teorije Cartwright podupire “robusnim empirizmom”. Tvrđnje znanosti “moraju biti poduprte, detaljno, empirijskim činjenicama. Tu potporu svjedoči uspjeh u predviđanju i interveniranju upravo u svijetu. Ako je tako, ono što je poduprto su tvrđnje onako kako ih se tumači kroz mrežu konkretnih pretpostavki i praksi koje omogućuju uspješna predviđanja i intervencije. *Vrlo* velik broj tvrđnji je tako poduprt. No, to bogatstvo vrlo specifičnih praksom tumačenih tvrđnji nije ni na koji način izraženo ili sažeto u aksiomima teorije.” (Cartwright, 2012:4)

Gore rečeno moglo bi se ovako sažeti: “znanstveno znanje je zabilježeno u praksi i strojevima, kao i u riječima; vrste tvrđnji koje su empirijski podržane gusto se tumači kroz ove prakse; postoje velike razlike u praksi.” (Cartwright, 2012:2-4)

Zašto je važna primjedba Cartwright da „metafizika i metoda moraju stupati rukom-pod-ruku“? Radi se o metodi, među ostalim o metodi modeliranja: „Loša je analiza što nešto jest – recimo dokaz, uzročnost, elektron, malarija – ako analiza ostavi tajanstvenim zašto bi naše najbolje metode dijagnosticiranja je li nešto dokaz ili elektron ili malarija trebale djelovati.“ (Cartwright, 2012:13)

3.3. Kako nam basne i prispodobe pomažu razumjeti upotrebu modela

Svoju ideju o analogijama između modela i basni Cartwright razvija u tekstu „Models: Parables v Fables“. (Cartwright, 2010a) U ranijem tekstu „Fables and Models“ Cartwright se koristi uvidom E. Lessinga da se pouka basne prema samoj basni odnosi kao apstraktno i konkretno. (Cartwright, 1991)⁶ Ona analogijom taj Lessingov uvid prenosi na odnos teorije i modela. U (Cartwright, 2010a) nadopunjuje tu svoju ranije iznesenu tezu. Njezina prvotna ideja o modelima kao basnama još je uvijek bila unutar okvira prikaza odnosa teorije i modela pomoću krovnog zakona. To znači da kao što je pouka basne već sadržana u samoj basni tako je na neki način i neka teorija ugrađena u svoj model. Sada kad je odustala od onoga što je nazvala „pogledom prodajnog automata“, modeli više nisu analogni basnama nego prispodobama. U tom slučaju kao što pouka nije ugrađena u prispodobu nego je treba iščitati pomoću znanja koje nije sadržano u samoj prispodobi, tako je i za razumijevanje znanstvenog modela potrebno široko znanje konteksta. Modeli raznih vrsta služe raznim svrhama. U

⁶ I u (Cartwright, 1999a).

(Cartwright, 2010a) istražuje vrlo idealizirane modele koji su česti u fizici i ekonomiji ali i u drugim znanostima. Modeli te vrste proučavaju ponašanje ogoljenih sustava u nerealističnim uvjetima. Oni su vrlo malo slični stvarnom svijetu kojim se bavi znanost. Ipak, oni bi nas trebali nešto naučiti. Takvi su npr. Galilejevi modeli. Modeli su često misaoni eksperimenti: što će se dogoditi u umjetnoj situaciji u kojoj svojstvo koje nas zanima djeluje samostalno. Kako dolazimo od modela do ponašanja u stvarnosti? Cartwright ponavlja da su takvi modeli kao basne. (usp. Cartwright, 1999a) Zaključak modela – jer od modela tražimo neki zaključak ili rezultat – kao pouka modela, može se izvući rječnikom dovoljno apstraktnim da opiše stvari o kojima želimo nešto naučiti. Na primjer, iz Galilejevih pokusa s kuglama na kosini možemo zaključiti da privlačna sila Zemlje proizvodi ubrzanje tijela od 10 m/s^2 . To je ispravan način opisivanja onoga što se događa s kuglama na kosini. No, taj apstraktniji opis je također primjenjiv i na topovske kugle i na svemirske brodove i tsl. Opis onoga što se događa u modelu (koji ne odgovara cilju) biva prerađen u onaj koji odgovara. Kao što se pouka basne može primijeniti mnogo šire nego li se samo ograničiti na životinjsko carstvo koje se u njima obično spominje. Tu se Cartwright koristi idejom M. Rolla: „Uspinjanje ljestvama apstrakcije može nas dovesti od neistinitog do istine.“ (Roll, 2008) Međutim, Cartwright uočava da stvar ipak nije tako jednostavna. U basnama je pouka već ugrađena. U prisposodobama nije. Mnogi modeli su (kao) prisposodbe, a ne (kao) basne. Razne pouke se mogu pripisati modelima, izražene različitim rječnicima, uvodeći apstrakcije na različitim razinama. Takve pouke čak mogu biti suprotstavljene. „Uspion ljestvama apstrakcije bilo u basni, prisposodbi ili u modelu može nas dovesti od neistine do istine, ali samo ako znamo kojim se ljestvama treba uspjeti.“ (Cartwright, 2010a:21-22) To znanje ne dolazi iz modela samoga nego iz bogatog konteksta znanosti u koju je ugrađen. Cartwright je na početku najavila da će se baviti samo jako idealiziranim nerealističkim modelima. Ona želi suziti svoju pažnju na one modele iz koji se rezultati („zaključci“) izvode deduktivno. (Cartwright, 2010a:22) Dedukcija ovdje omogućuje strogost izvođenja. To znači da su posljedice izvedene iz modela istinite jer slijede deduktivno iz početnog opisa. Nerealistične pretpostavke sadržane u opisu modela nisu problem sve dok nemaju ulogu u deduciranju rezultata modela. Ali to je rijetko. Baš suprotno, one su potrebne za dedukciju. To je ono što Cartwright naziva kanonskim problemom nerealističkih pretpostavki: kako se rezultat koji se deduktivno dobije iz modela može primijeniti na cilj ako on ima osobine drukčije od svog modela. „Kako zaključak o jednoj stvari može dati informaciju ako se premise promijene.“ (Cartwright, 2010a:22)

Nerealistične pretpostavke nisu uvijek prepreka izvođenju zaključaka o stvarnim situacijama kako ih dobivamo iz modela. Neki modeli djeluju kao galilejevski misaoni eksperimenti i za njih nerealistične pretpostavke nisu smetnja nego nužnost. Stvarni galilejevski eksperiment izdvaja pojedinačni uzrok da bi se vidjelo kako on djeluje sam bez utjecaja drugih uzroka. U misaonom eksperimentu samo zamišljamo tu istu situaciju. U stvarnom galilejevskom pokusu učinak je proizveden u skladu sa zakonima prirode. U modelu koji prikazuje galilejevski misaoni eksperiment, principi ugrađeni u model određuju koji se učinak mora dogoditi. „Tako stvarni i misaoni pokusi imaju komplementarne vrline. U stvarnom eksperimentu ne možemo nikada biti sigurni da smo odstranili sve ometajuće čimbenike, ali možemo biti sigurni da je proizvedeni učinak u skladu sa zakonima prirode. Nasuprot tome, situacija opisana misaonim eksperimentom ima samo one čimbenike koje smo u njega stavili. Tako možemo biti sigurni da su ometajući čimbenici odsutni, ali ne možemo biti sigurni da je učinak ispravan jer to ovisi o načelima koja smo stavili u model.“ (Cartwright, 2010a:23) Možemo zaključiti da ako nerealističke pretpostavke nisu problem za stvarni galilejevski pokus, onda nisu ni za misaoni. „Tako barem za neke modele i za neke vrste nerealističkih pretpostavki te nerealističke pretpostavke ne predstavljaju problem.“ (Cartwright, 2010a:24)

3.3.1. Problem nerealističnih pretpostavki: „presputanost“

Nažalost, time problem nerealističkih pretpostavki još nije riješen. Većina modela koje se može promatrati kao galilejevske misaone eksperimente ima neke „nerealistične“ pretpostavke mimo onih koje eliminiraju sve druge uzroke istog učinka. Takve nerealističke pretpostavke možemo nazvati ne-galilejevskim idealizacijama. Za uvođenje takvih idealizacija općenito postoje dva povezana razloga: prvi je razlog da mnoge vrste uzroka mogu djelovati samo u specifičnom okruženju u kojem su smješteni; drugi je razlog da stvari moraju biti postavljene na vrlo poseban način da bi računanje i dedukcija uopće bili mogući. „Ustvari, često upravo potreba za matematičkom rješivošću određuje kako postaviti okolnosti u kojima će izolirani uzrok djelovati.“ (Cartwright, 2010a:25)

Tako mnogi galilejevski misaoni eksperimenti imaju više „nerealističnih“ pretpostavki nego što bi trebali. „To, ponovo, ne bi bio problem kad te pretpostavke ne bi imale ulogu u deduciranju krajnjih rezultata.“ (Cartwright, 2010a:25) Ali naravno da imaju – zbog toga su i uključene. U takvim slučajevima je, prema Cartwright, model „presputan“ (*overconstrained*). On zaista opisuje galilejevski eksperiment. Rezultati su sputani tako da to budu oni koje

bismo dobili i u stvarnom galilejevskom pokusu. „Problem je u tome što se galilejevski eksperiment događa u vrlo posebnim, neobičnim okolnostima. Ono što vidimo je zaista rezultat uzroka koji djeluje samostalno bez drugih uzroka koji bi ga ometali, ali to je vrlo poseban rezultat koji ne treba očekivati u svim drugim galilejevskim eksperimentima. Okolnosti 'presputavaju' rezultate – sputavaju ih na uži skup od onog dopuštenog pretpostavkama upravo neophodnim da se osigura od djelovanja neovisnih uzroka. Ne možemo očekivati da ćemo presputani rezultat dobiti u drugim okolnostima galilejevskog eksperimenta zato što je opis posebnih okolnosti nužan u izvođenju zaključaka.“ (Cartwright, 2010a:25)

Pišući o matematičkim modelima u ekonomiji, Julian Reiss konstatira da se općenito drži da su ove tri međusobno nekonzistentne hipoteze istinite: 1. ekonomski modeli nisu istiniti, 2. unatoč tome, ekonomski modeli objašnjavaju i 3. samo istiniti prikazi objašnjavaju. (Reiss, 2012:50) On je to nazvao „paradoksom objašnjenja“. Pokušaji rješenja odbacuju jednu od hipoteza. Jedna od strategija rješavanja paradoksa tvrdi da model može biti istinit unatoč, ili čak zahvaljujući, tome što sadržava mnoge neistine. Preciznije, model može pogrešno reprezentirati svoj cilj u nekom (pretpostavlja se, nebitnom) smislu, a točno („istinito“) reprezentirati u drugom (pretpostavlja se, bitnom) smislu. Isto tako se može reći da su modeli istiniti apstraktno: oni ne reprezentiraju ono što je istinito, nego ono što bi bilo istinito u odsutnosti smetnji. Cartwright je razvila takav pogled kao opći vidik na znanost. (Reiss, 2012:50) Središnja ideja je da su modeli kao galilejevski misaoni eksperimenti. (Cartwright, 2007) U galilejevskom misaonom eksperimentu se eksperimentalnu situaciju promišlja nakon što se mentalno odstrane „ometajući faktori“ – faktori koji nisu predmet interesa, a ipak utječu na ishod. Da bi se otkrilo zakon pada tijela, npr., misaoni eksperimentator zamišlja situaciju koja je slobodna od svih faktora koji utječu na brzinu pada tijela osim od Zemljine teže. U. Maki to zove „izolacija idealizacijom“. Jedan specifičan čimbenik je izoliran – u Galilejevom slučaju, Zemljina sila teža – idealiziranjem od svih drugih čimbenika – otpora zraka i drugih gravitacijskih polja, drugih sila. Posljedični model je „neistinit“ na mnogo načina zato što ti faktori zaista utječu na sve stvarne sustave koje bismo mogli izabrati kao zanimljive ciljne sustave. No, on je „istinit“ zato što točno prikazuje djelovanje nama zanimljivoga uzročnog faktora, Zemljine sile teže. Međutim, problem je u tome da modeli [u ekonomiji] nisu naročito slični galilejevskim misaonim eksperimentima jer oni izoliraju (primarni uzročni faktor) idealiziranjem (od drugih uzročnih faktora). Modeli osim galilejevskih imaju i ne-galilejevske pretpostavke. Postoje barem tri razlike između galilejevskih i ne-galilejevskih

pretpostavki. Prvo, u galilejevskom misaonom eksperimentu, čimbenik koji je bio „izuzet“ normalno se ne pojavljuje. Pretpostavka da nema otpora zraka ne može se iščitati iz modela. Ona se pojavljuje tek kada pitamo „u kojim će uvjetima rezultat (dobiven galilejevskim misaonim eksperimentom) biti istinit?“ Nasuprot tome, ne-galilejevske pretpostavke su sve eksplicitni dio modela te su one pretpostavke bez kojih se rezultat uopće ne bi mogao izračunati. To jest, pretpostavka se pojavljuje već kad se računa rezultat modela, a ne samo kad se koristi rezultatom za predviđanje o fenomenu izvan modela. Drugo, galilejevske pretpostavke obično se tiču kvantitativnih uzročnih čimbenika. Ne-galilejevske pretpostavke su kategorijske. Radi se o različitim vrstama stvari, a ne o istoj vrsti stvari različitog stupnja. (Reiss, 2012:51)

Problem s ne-galilejevskim pretpostavkama je da one rezultat modela čine specifičnim za modeliranu situaciju. Nema načina da se samo pregledom modela zaključi je li rezultat pokrenut od jednog ili drugog podskupa pretpostavki. (Cartwright, 2007) Tako, dakle, ne znamo gdje tražiti „istinu modela“. Sve što znamo je da rezultat modela ovisi o svim njegovim pretpostavkama te da mnoge od tih pretpostavki nisu istinite o empirijskoj situaciji koju bismo željeli objasniti. (Reiss, 2012:52)

Jedan od načina da se riješi taj problem je takozvana „analiza robusnosti“. Te dodane pretpostavke se varira na različite načine da bi se vidjelo jesu li rezultati još više-manje isti. Ako jesu, možemo pretpostaviti da će rezultati biti jednaki i u uvjetima ciljne situacije. Takva indukcija je riskantna, a i varijacija obično nije dovoljno velika. (Cartwright, 2010a:25) Rezultatu modela se može, u načelu, testirati robusnost, ali testovi robusnosti najčešće nisu mogući, a i ako su mogući pa se provedu, njihovi rezultati su negativni. Testove robusnosti je vrlo teško provesti, a često i nemoguće, zato što su matematički preteški ili ih matematika uopće ne dopušta. (Reiss, 2012:52)

Cartwright je ranije tvrdila da su modeli kao basne. (Cartwright, 1999a) Lekcija izvedena iz modela je njegova pouka. Odnos opisa rezultata koji može biti prenesen na nove situacije i opisa rezultata koji upotrebljava jezik modela je obično odnos apstraktnog i konkretnog. Lekcija modela je apstraktna u odnosu na konkretniji opis modela.

Nerealistične pretpostavke modela ne moraju uvijek predstavljati problem. M. Rol je ponudio odgovor zašto: od neistine do istine može se doći uspinjanjem uz ljestve apstrakcije. Ovaj pristup točno pristaje slici modela kao basni. Lekcija modela je apstraktnija od samog

modela. Apstraktna lekcija može biti istinita o raznim novim situacijama u kojima ne vrijedi konkretniji opis.

Prednost ovakvog razmišljanja je u tome da čini jasnim to da ništa nije pogrešno u početnom eksperimentu. Ono što je pogrešno u odnosu na primjenjivost modela u drugim situacijama je razina na kojoj je zaključak opisan. Sam eksperiment ne može biti apstraktan, mora biti proveden u nekom okruženju. Apstraktno postoji samo u konkretnom, kao što kaže Lessing.

Misaoni eksperimenti mogu izolirati zanimljivi uzročni čimbenik i točno opažati što će on učiniti bez zapreka. No, ako su rezultati previše sputani, neće se moći lako generalizirati. Ipak, kao i sa „stvarnim“ galilejevskim eksperimentima, alternative nema. Eksperiment mora biti proveden u nekom okruženju. Iako rezultati stvarnog kao i misaonog eksperimenta mogu biti previše sputani, to je neizbježno jer apstraktno postoji samo u konkretnom. Da bi se dobilo zaključak koji je istinit kako u modelu tako i u drugim slučajevima, potrebno je popeti se ljestvama apstrakcije.

No, sada, kao što je naprijed rečeno, Cartwright više ne zastupa ideju o modelima kao basnama. U prispodobi pouka nije upisana, nego se mora od negdje dobiti. Da bi se pronašlo pravu pouku potrebno je mnogo izvanjskog posla „uključujući mnogo interpretacije ostalih dijelova dostupnog teksta kao i svijeta samoga.“ (Cartwright, 2010a:29) Tako je i s „nerealističnim“ modelima. Mnogi od njih su galilejevski misaoni eksperimenti s „nerealističnim“ pretpostavkama. No, oni su rijetko kao basne, jer pouka nije upisana u njih. Modeli su kao prispodobe u kojima upute pomoću kojih se izvlače prave pouke moraju doći izvana. Teorija tu može pomoći, kao i poznavanje velikog broja sličnih slučajeva te dobro razumijevanje apstraktnih pojmova koje bi se moglo primijeniti. „Tako su dobre vijesti da se od neistinitosti modela može doći do istine penjanjem uz ljestve apstrakcije znatno prigušene činjenicom da nam model općenito ne kaže koje ljestve apstrakcije treba upotrebljavati i koliko se treba uspjeti.“ (Cartwright, 2010a:29)

Problem nije svojstven samo misaonim eksperimentima. Stvarni eksperimenti također mogu biti „presputani“. „Kao i s misaonim eksperimentima, to ne mora bit problem jer će, kao i s basnama i njihovim poukama, ono što bude rezultat „presputanog“ eksperimenta biti ono u čemu se poopćiv rezultat sastoji u toj situaciji. No, eksperiment ne pokazuje što je poopćivi zaključak kao ni koliko se treba popeti po ljestvama apstrakcije da bi se dobilo rezultat koji je primjenjiv na novu ciljnu situaciju.“ (Cartwright, 2010a:30) Autorica nadalje

ističe da se to ne uzima u obzir kod novog poleta oko eksperimenta u politici utemeljenoj na dokazima. Praktičari pokušavaju izvući opće zaključke bez pomoći teorije ili pozivanja na skup dobro razumljivih apstraktnih pojmova čija je pouzdanost drugdje utvrđena. „Zato je važno naglasiti da su stvarni eksperimenti, upravo kao i misaoni eksperimenti, mnogo češće prispodobe nego basne.“ (Cartwright, 2010a:30)

Navedimo jedan primjer. Jedna velika studija je 2002. pokazala da su žene koje su uzimale hormonsku supstitucijsku terapiju zbog tegoba u postmenopauzi imale veću incidenciju karcinoma dojke, srčanih bolesti i moždanog udara. Posljedica objavljivanja tog istraživanja bila je ta da je većina žena prekinula s tom terapijom. Nova istraživanja pokazuju da su one žene koje su prije početka terapije bile histerektomirane prekidom terapije dobile druge rizike i taj prekid je izazvao veću stopu smrtnosti u toj skupini. Ovo je primjer toga da je iz prvog istraživanja izvučena pogrešna pouka. Učinjena je pogreška pri penjanju uz ljestve apstrakcije. To nam pokazuje da nemamo model kako generalno supstitucijska terapija utječe na zdravlje žena u postmenopauzi već se fenomen postmenopauze stalno modelira.

Još je teže uočiti problem kako se uspeti uz ljestve u slučaju modela i misaonih eksperimenata jer oni dolaze, moraju doći, u nekom specifičnom rječniku. Ako se želimo uspeti stubama da bismo iz modela izveli zaključke o ciljevima koji nas zanimaju, ne smijemo zapeti u tom rječniku, nego se popeti do onoga koji je dovoljno apstraktan da bude istinit i o modelu i o ciljnoj situaciji. (Cartwright, 2010a:30) „Konstruiranje modela i izvođenje njegovih posljedica je samo mali korak prema izvlačenju lekcije iz njega. Da bismo znali što prispodoba znači, moramo proučavati mnogo teksta, čitati i teoriju u koju je model ugrađen kao i sam svijet.“ (Cartwright, 2010:30)

Ako bi se izvodilo daljnje implikacije iz ove rasprave onda bi se vidjelo da je izvlačenje pravih zaključaka iz modela mnogo lakše onome koji je taj model konstruirao, onome koji zna zašto je ugradio određene pretpostavke. Ako i ne bi bilo bitne razlike između autora i korisnika modela, autor modela bi imao prednost pred korisnikom modela. A ako je pronalaženje prave lekcije modela tako teško, onda je i takva prednost važna. To može biti predmet filozofije znanosti. Ona se naprimjer može baviti time koliko otkrivanje prave lekcije modela ovisi o sudjelovanju u njegovoj izgradnji ili modifikaciji. Da bi se uopće konstruiralo model, potrebno je široko znanje konteksta, upravo onakvo kakvo je potrebno za tumačenje modela. Dakle, ta dva znanja, razumijevanja i vještine su nekako povezana. Isto znanje je korisno i pri modeliranju i pri primjeni modela.

4. FILOZOFIJA ZNANSTVENOG MODELIRANJA: NEKI ARGUMENTI U PRILOG NAGLASKU NA MODELIRANJU

Ovo poglavlje započinje jednom studijom slučaja koja govori u prilog argumenta Cartwright da modeli ne nastaju dedukcijom iz teorija. Zatim slijedi niz argumenata koji također idu u prilog tezi rada.

4.1. Modeliranje molekula: studija slučaja

Recimo nešto o ulozi studija slučaja u suvremenoj filozofiji znanosti, a zatim promotrimo jednu takvu studiju.

Od 1960-ih je porastao interes za povijest znanosti u filozofskom kontekstu. *Struktura znanstvenih revolucija* T. Kuhna (1962.) bila je preokret u tom razvoju. U tome kontekstu pojavljuje se sve više kritika da su filozofska rekonstrukcija znanosti i stvarna praksa znanosti odvojeni provalijom. Razne filozofske pozicije predstavljaju svoje argumente iz studija slučaja koje postaju alat filozofskih debata. Važna dilema svake filozofske tvrdnje zasnovane na studiji slučaja tiče se načina izbora slučajeva. Prilično je vjerojatna pristranost u izboru slučajeva koji će poduprijeti određeni pogled. (Pitt, 2001) Čak i da nije tako, broj slučajeva je uvijek ograničen, pa nije jasno kako će tako ograničen broj slučajeva zajamčiti neki opći zaključak. Pretpostavka iza ove kritike je da su filozofske tvrdnje po svojoj naravi opće. Svaka studija slučaja se odnosi na pojedini primjer. Istodobno je prisutan izazov da se iz njega izvede općenite zaključke, koji uvijek ostavljaju prostora za skepsu.

Međutim, kad se filozofi nikada ne bi usudili generalizirati ono što je otkriveno o svijetu, filozofija bi izgubila svoj predmet. Zato je potrebna metodologija kojom bi se studije slučaja učinilo korisnim za filozofske potrebe. Studije slučaja nam daju detaljnije znanje od onog koje bismo imali kad bismo ostali na općenitoj razini razmatranja problema filozofije znanosti. Oni nam daju sigurnost da je barem njihov filozofski prikaz točan. To nam ne daje osnovu za sigurnost da isto vrijedi i u drugim slučajevima, ali nam daje smjernice za ono što bi trebalo istražiti u drugim primjerima. (Bailer-Jones, 2009:134)

Studiju slučaja koja može govoriti u prilog tezi o važnosti same prakse modeliranja daje H. de Regt. On nasuprot objektivističkom pristupu, tvrdi da znanstveno objašnjenje ima pragmatičku dimenziju koja je epistemički relevantna. De Regt se fokusira na ulogu modela u znanstvenom objašnjenju te naglašava ključne uloge koje konceptualni alati, vještine i obveze imaju u tome.

C. Hempel je u *Aspektima znanstvenog objašnjenja* tvrdio da su pragmatični aspekti objašnjenja filozofski nebitni. Doduše, „objašnjenje“ samo može se tumačiti kao pragmatični termin, ako se „objasniti“ poistovjeti s „učiniti nešto inteligibilnim za nekoga, učiniti da on to razumije.“ (Hempel, 1965:425) No, to pojam čini subjektivnim: „Objašnjenje u ovom pragmatičnom smislu je, dakle, relativan pojam: za nešto se značajno može reći da predstavlja objašnjenje u tom smislu samo za ovog ili onog pojedinca.“ (Hempel, 1965:426) Prema Hempelu, međutim, znanstvena objašnjenja bi trebala biti objektivna, a „filozofi znanosti stoga trebaju ignorirati pragmatične aspekte i tražiti objektivan, nepragmatični prikaz objašnjenja.“ (de Regt, 2006:1)

Današnji zagovornik tog gledišta je J. D. Trout koji tvrdi da se: „ono što čini objašnjenje dobrim odnosi na svojstvo koje ono ima neovisno o psihologiji onih koji objašnjavaju. To se odnosi na obilježja vanjskih predmeta, neovisno o pojedinačnim umovima.“ (Trout, 2002:217) Dakle, pojmovi inteligibilnosti i razumijevanja su epistemički nebitni.

De Regt tvrdi, nasuprot Hempelu i Troutu, da su pragmatični aspekti objašnjenja epistemički bitni. Svoj argument razvija naglašavanjem uloge modela u znanstvenom objašnjenju. Modeliranje je ne-deduktivni proces koji se ne može svesti na algoritme, pravila ili načela. De Regt analizira ulogu konceptualnih alata, vještina i obveza znanstvenika te pokazuje kako oni pridonose epistemičkom cilju znanosti.

4.1.1. Uloga modela u znanstvenom objašnjenju

Na temelju dvaju prikaza, onog Cartwright (1983) te Morgan i Morrison (1999), de Regt predstavlja pogled na ulogu modela u znanstvenom objašnjenju koji je u skladu s praksom znanosti.

M. Morgan i M. Morrison iznose tezu da modeli imaju posredničku ulogu u objašnjenju empirijske stvarnosti pomoću teorija te da su u tom smislu autonomni. „Zato što nisu ni jedno ni drugo, ni samo teorija ni podatci, nego obično uključuju nešto od oboje (a

često i dodatne 'vanjske' elemente), oni mogu posredovati između teorije i svijeta.“ (Morgan i Morrison (ur.), 1999:10-11) Autonomna funkcija modela može se usporediti s funkcijom alata: „Oni djeluju kao alati ili instrumenti te su neovisni od stvari, ali posreduju između njih, a kao alati se često mogu koristiti za razne zadatke.“ (Morgan i Morrison (ur.),1999:10-11)

De Regt naglašava da je najvažniji prethodnik „teze o modelima kao posrednicima“ „simulakrumski prikaz objašnjenja“ N. Cartwright. Prema njezinu prikazu teorija je istinita o modelu, ali izgradnja modela nije stvar dedukcije, nego kompleksan proces koji uključuje aproksimaciju i idealizaciju. Formalna načela koja nam govore kako doći od teorije preko modela do opisa stvarnog sustava, ne postoje: „postoje samo praktična pravila, zdravo prosuđivanje i, u konačnici, uvjet da jednadžba do koje smo došli mora obaviti posao.“ (Cartwright, 1983:133)

Ako primjena teorije na empirijsku stvarnost nije jednostavan deduktivni postupak, onda je „generiranje znanstvenog znanja empirijske stvarnosti po sebi povezano s pragmatičnim vještinama, ocjenama i odlukama. Postizanje spoznajnog cilja znanosti je kompleksan proces koji neminovno ima pragmatičnu dimenziju. Prema tome, epistemička vrijednost teorije ne može se odrediti odvojeno od njezine uporabe. Pragmatični su aspekti epistemički relevantni.“ (de Regt, 2006:4)

4.1.2. Modeli i kinetička teorija topline

Kao primjer prakse modeliranja u fizici, de Regt razmatra pokušaje iz devetnaestog stoljeća da se objasne eksperimentalno opažena svojstva plinova na temelju kinetičke teorije. Kinetička teorija plinova temelji se na ideji da je toplina mehaničko gibanje te da se plinovi sastoje od sitnih čestica (atoma ili molekula) u pokretu koje se ponašaju u skladu sa zakonima Newtonove mehanike. Kako bi se objasnilo i predvidjelo eksperimentalne podatke, potrebni su specifični modeli molekula i atoma.

Primjer koji navodi de Regt bit će korisno detaljnije prikazati kako bi njegova teza, koja snažno govori u prilog pogleda Cartwright, postaja jasna. Prve zrele kinetičke teorije objavili su R. Clausius 1857. i Maxwell 1860. U oba slučaja srž *teorije* sastojala se u primjeni zakona klasične mehanike na skupine čestica (molekula), gdje se opis sustava nije sastojao u praćenju gibanja svake čestice pojedinačno, nego u statističkoj obradi. Osnovni *model* kojim se koriste i Clausius i Maxwell bio je model tvrde elastične kugle. Clausius pretpostavlja da su atomi apsolutno krute, elastične kugle (ili točkaste čestice) te da molekule koje se sastoje

od više atoma mogu rotirati i vibrirati. Maxwell tretira atome kao središta sile, ili glatke tvrde elastične kugle, a višeatomske molekule kao sastavljene od takvih atoma. Dakle, prva je faza ulaska teorije („pripremanje opisa“) bila opisivanje plinova „kao da“ se oni sastoje od molekula u pokretu, a onda opisivanje molekula „kao da“ su središta sila ili elastične kugle. Nakon što je modelirala molekule na ovaj način, kinetička teorija pribavlja jednadžbe ponašanja sustava. Prvi rezultat primjene teorije na sustav modelskih plinskih čestica (druga faza ulaska teorije) je teorem ekvipartacije:

Clausius kaže: „U jednom te istom plinu translatorno gibanje cijelih molekula uvijek će imati konstantan odnos prema [...] gibanjima sastavnih dijelova“ Drugim riječima, translatorna energija je proporcionalna energiji unutarnjeg gibanja (rotacije i vibracije). (u Brush 1965:114)

Maxwell navodi: „prosječna *vis viva* [kinetička energija] translacije uz svaku od tri osi je ista u svim sustavima, a jednaka prosjeku *vis viva* rotacije oko svake od tri glavne osi rotacije svake čestice.“ (tj. translacijska energija jednaka je rotacijskoj energiji). (Maxwell, 1986:316-317)

Daljnja aplikacija kako bi se objasnilo opažene podatke s obzirom na specifične topline dovela je do jednadžbe za specifični omjer topline, tj., omjer između specifične topline pri konstantnom tlaku C_p i specifične topline pri konstantnom volumenu C_v .

$$(1) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{K}{H}$$

(U kojoj je H ukupna kinetička energija (*vis viva*) molekula, a K kinetička energija translacijskog gibanja). Ovaj način dovođenja u odnos teorije i fenomena preko modela doveo je do različitih zaključaka u slučaju Clausiusa i Maxwella:

Iz poznate činjenice da je eksperimentalna vrijednost za mnoge plinove (npr. kisik, dušik) $\gamma = 1.421$, Clausius izvodi $K/H = 0,6315$, što ga je dovelo do zaključka da je za te plinove unutarnje gibanje moguće. Drugim riječima, ovi plinovi se sastoje od višeatomskih molekula.

Maxwell također tretira te plinove kao višeatomske. Međutim, budući da je njegova teorija sadržavala drukčiji ekviparticijski teorem, on je stigao do odstupajućeg rezultata. Prema Maxwellovom ekviparticijskom teoremu, omjer ukupne energije (*vis viva*) u odnosu na energiju translacije trebala bi biti $\beta = 2$, dok eksperimentalna vrijednost $\gamma = 1.408$ podrazumijeva da je $\beta = 1.634$. (Maxwell 1986:318)

Raskorak između teorijskih predviđanja i eksperimentalnih rezultata omjera specifične topline koji je Maxwell uočio postao je poznat kao „anomalija specifične topline“. Boltzmann je 1871. potvrdio anomaliju generaliziranjem ekviparticijskog teorema. Pretpostavivši, kao Clausius i Maxwell, da su molekule višeatomske i tako sposobne za translacijsko kao i unutarnje gibanje, on je dokazao da je kinetička energija ravnomjerno raspoređena tijekom *svih* načina kretanja (translacija, rotacija i vibracija).

U predavanju „O dinamičkim dokazima molekularnog ustroja tijela“ 1875., Maxwell je uveo ideju „stupnja slobode“ (iako još ne upotrebljava taj termin). Maxwell (1986:229) je pretpostavio da se „položaj i konfiguracija molekula može potpuno izraziti određenim brojem varijabli“ te nastavio:

Nazovimo taj broj n . Od tih varijabli, tri su potrebne kako bi se utvrdilo položaj centra mase molekule, a preostalih $n - 3$ kako bi se utvrdilo njezinu konfiguraciju u odnosu na centar mase. Svako od varijabli odgovara različita vrste gibanja. Gibanje translacije centra mase ima tri komponente. Gibanje dijelova u odnosu na centar mase ima $n - 3$ komponente. Za kinetičku energiju molekule može se smatrati da se sastoji od dva dijela – onaj mase molekule za koju se pretpostavlja da je koncentrirana u svojem središtu mase te onaj gibanja dijelova u odnosu na centar mase. Prvi dio se zove energija translacije, drugi rotacije i vibracije. (Maxwell 1986:230)

Nakon toga je Maxwell (1986:231) predstavio novu formulu za specifični omjer topline:

$$(2) \quad \gamma = \frac{2 + n + e}{n + e}$$

(pri čemu je n broj stupnjeva slobode, a e je količina koja ovisi o silama vezanja u molekuli, e prikazuje relativnu količinu topline koja je pohranjena u molekuli kao potencijalna energija)

Usporedba sa stvarnim vrijednostima specifičnih toplina pronađenim u eksperimentu dovela je Maxwella do zaključka da $n + e$ „za zrak i nekoliko drugih plinova ne može biti veći od 4,9“, budući da su pokusi utvrdili da je $\gamma = 1.408$. Jednoatomski molekularni modeli nemaju unutarnje strukture pa tako imaju samo tri stupnja slobode ($n = 3$), koji podrazumijevaju $\gamma = 1.66$, rezultat koji još nije opažen. Osim toga, oko 1870. je bilo dobro poznato da većina plinova emitira spektralne linije koje su najbolje objašnjene unutarnjim vibracijama molekula. Ovi dodatni stupnjevi slobode podrazumijevaju $n \geq 6$ i time $\gamma \leq 1.33$.

Opaženi odnos $\gamma = 1.408$ je tako bio neobjašnjiv. Maxwell je zaključio da je ova anomalija „najveća poteškoća s kojom se dosad susrela molekularna teorija.“ (Maxwell, 1986:232)

Godinu dana kasnije L. Boltzmann je predložio rješenje problema. Boltzmann upotrebljava pojam “stupnjeva slobode” pozivajući se na Maxwella i Watsona kao začetnike ove ideje. (Boltzmann, 1876:103) Boltzmannov prijedlog je, vrlo jednostavno, modelirati molekule anomalnih plinova kao sustave s pet stupnjeva slobode, takozvane krute bućice. Boltzmann je pretpostavio da su anomalni plinovi dvoatomske molekule koje se mogu prikazati kao dvije čvrsto povezane točkaste čestice ili elastične kugle. Takve „bućice“ posjeduju samo pet stupnjeva slobode (tri translacije te dvije rotacije), pa je $n = 5$. Štoviše, budući da su molekule apsolutno krute, one ne mogu pohraniti potencijalnu energiju, stoga je $e = 0$. Prema tome, $\gamma = 1.4$, gotovo sasvim u skladu s izmjerenom vrijednosti.

Međutim, „model bućica“ ne može biti potpuno realističan opis dvoatomskih molekula, jer prave molekule plina imaju vibracijske stupnjeve slobode kao što već pokazuje činjenica da su one sposobne emitirati spektralne linije. Boltzmann piše: „očigledno je da molekule plina ne mogu biti apsolutno kruta tijela.“ (isto, 107) Ipak, on zaključuje da se tako može razumjeti barem dio njihove prirode: „[Molekula] se vjerojatno ponaša u svojem progresivnom gibanju i u svojem sudaranju s drugim molekulama gotovo kao čvrsto tijelo.“ (isto, 109)

Maxwell raspravlja o Boltzmannovu modelu bućica te ga odbacuje jer je „takvo tijelo, iako naizgled kruto, u stvarnosti sposobno za unutarnje vibracije i to na beskonačno različite načine, tako da tijelo ima beskonačan broj stupnjeva slobode.“ (Maxwell, 1877:245)

Danas se, međutim, Boltzmannovim modelom bućica još uvijek koristi u znanstvenoj praksi i udžbenicima kao približno točna reprezentacija dvoatomskih molekula. To je moguće zato što je kvantna teorija linija spektra, na neki način, opravdala Boltzmannov model.

4.1.3. Pragmatična dimenzija modeliranja: alati, vještine i obveze

„Navedeni slučaj pruža jasan primjer za tvrdnju da izgradnja modela nije deduktivni proces.“ (de Regt, 2006:9) Fizičari trebaju izgraditi molekularne modele kako bi se koristili kinetičkom teorijom plinova da bi mogli predvidjeti i objasniti opažene fenomene. Takvi modeli ne mogu biti izvedeni iz teorije, a niti ne proizlaze iz fenomena. No, „oni su neophodni da bi doveli u odnos teoriju i fenomen – molekularni modeli *posreduju* između kinetičke teorije i plinskih fenomena.“ (de Regt, 2006:9)

Boltzmannov model bućica za dvoatomske molekule to ilustrira. S jedne strane, model ne slijedi deduktivno iz kinetičke teorije. No, kinetička teorija je istinita o modelu bućica. „Čim se posjeduje model bućica, teorija diktira jednačbe koje upravljaju njegovim ponašanjem,“ a teorijsko predviđanje $\gamma = 1.4$ može se izvesti za sustav koji se sastoji od molekula „bućica“. (de Regt, 2006:9) S druge strane, model bućica također ne može biti izveden iz eksperimentalnih podataka: nužne su aproksimacije kako bi se postiglo odgovarajuće podudaranje modela i podataka. Studija slučaja pokazuje postojanje onoga što Cartwright naziva „neurednim fenomenološkim zakonima.“ U različitim radovima Clausiusa, Maxwella i Boltzmannova primjećuje se varijacija eksperimentalnih vrijednosti γ za dvoatomske plinove:

$$\gamma = 1.421 \text{ (Clausius 1857.)}$$

$$\gamma = 1.408 \text{ (Maxwell 1860. i 1875.)}$$

$$\gamma = 1,41 \text{ (Boltzmann 1871.)}$$

$\gamma = 1.4$ (Boltzmann 1876., u ovom radu Boltzmann predstavlja model bućica, a znakovito je da on ne navodi točnu eksperimentalnu vrijednost, nego samo navodi da se teorijska predviđanja „bitno ne razlikuju od eksperimentalnih rezultata“).

Zanimljivo je da su Clausius i rani Maxwell predstavili teorijsko predviđanje za specifične omjere topline na vrlo različite načine. Ta predstavljanja nisu davala indicije o mogućem rješenju anomalije pomoću modela bućica. Štoviše, čak i kad je Maxwell (1875.) uveo reprezentaciju molekula u smislu „stupnjeva slobode“, rješenje $n = 5$ bilo je na dohvat ruke, ali on ga očito nije vidio. „Moglo bi se pomisliti da je on to smjesta odbio, ali onda se pita zašto on uopće ne bi raspravljao o takvoj mogućnosti.“ (de Regt, 2006:10)

Da bi se došlo do modela bućica, potrebna je jedna aproksimacija, kao i dvije idealizacije:

Aproksimacija: „neuredni“ podatci ne daju točnu $\gamma = 1,4$ vrijednost iz koje se može deducirati $n + e = 5$. Maxwell (1860. i 1875.) je računao s eksperimentalnom vrijednosti $\gamma = 1,408$, koja je zahtijevala $n + e = 4,9$. Clausius (1857.) je računao s $\gamma = 1.421$, što bi dovelo do $n + e = 4,75$.

Idealizacija $e = 0$: model bućica predstavlja molekule kao apsolutno krute, što znači da se toplina ne može pohraniti kao potencijalna energija.

Idealizacija: stupnjevi slobode unutarnjih vibracija ne doprinose specifičnim toplinama.

Samo je Boltzmann aproksimirao $\gamma = 1,4$, kao i potrebne idealizacije, čime dolazi do rješenja $n = 5$.

Gledajući unatrag, teško je shvatiti zašto Boltzmannovo „jednostavno“ rješenje nije pronađeno ranije. Tu nam može pomoći ono što Cartwright naziva „prvom fazom ulaska teorije“ u kojoj ne postoje pravila ili načela, što znači da pragmatične vještine, procjene i odluke imaju ključnu ulogu. Pitanje je zašto su Clausius i rani Maxwell, koji su bili u posjedu svih relevantnih teorijskih znanja i eksperimentalnih podataka, nisu ni uzeli u obzir mogućnost da su molekule anomalnih plinova krute bućice. Može se pretpostaviti da je to bilo zbog toga što im je „nedostajao važan praktični alat za konstruiranje ovog modela: pojam 'stupnjeva slobode'.“ (de Regt, 2006:10)

Maxwell 1875. uvodi pojam ovako:

„Za matematičko istraživanje, međutim, nije bitno pretpostaviti da je molekula sastavljena od atoma. Sve što se pretpostavlja je da se položaj i konfiguracija molekule mogu potpuno izraziti određenim brojem varijabli. Nazovimo taj broj n .“ (Maxwell, 1986:229-230)

“Predstavljanje molekula pomoću stupnjeva slobode dopustilo je znanstvenicima da konstruiraju različite vrste molekularnih modela i da 'vide' nova objašnjenja i predviđanja. U tom smislu pojam je funkcionirao kao alat za izgradnju novih modela. Naravno, kinetička teorija sama je ostala ista pa bi se moglo prigovoriti da je pojam 'stupnjeva slobode' samo ponudio novi način predstavljanja postojećeg znanja i nije dodao novo znanje. No, upravo taj pogled gornji prikaz prakse modeliranja dovodi u pitanje.“ (de Regt, 2006:10-11) Posredujući između teorije i fenomena novi alat vodi do novih modela te tako vodi prema novom znanstvenom znanju.

Objašnjenje specifičnih omjera topline na temelju kinetičke teorije nije samo pitanje dedukcije i izračunavanja. „Tu je prisutna i međufaza izgradnje modela u kojoj konceptualni alati imaju ključnu ulogu.“ (de Regt, 2006:11) Takav alat je pojam stupnja slobode.

Ali zašto je Boltzmann predložio model bućica, a ne sam Maxwell? Odgovor se može naći u Maxwellovu prigovoru Boltzmannovu modelu koji čini jasnim da su „određene obveze imale ulogu“. Maxwell nije bio spreman napraviti potrebne idealizacije (posebno ignorirati

vibracijske stupnjeve slobode). Prema de Regtu, to odbijanje je inspirirano filozofskim obvezama. „U svojim kasnijim godinama Maxwell se snažno zalaže za realizam i materijalizam, a osim toga je pristajao uz metodu 'Newtonove dedukcije iz fenomena'. To ga je dovelo do naklonosti Thomsonovom modelu atoma kao vrtloga koji nije pretpostavljao ništa osim 'materije i gibanja' te do odbacivanja ad hoc uvođenja posebnih pretpostavki kako bi se prikazalo određene fenomene.“ (de Regt, 2006:11)

Ova studija slučaja pokazuje da postoji pragmatična, ali ipak epistemički relevantna dimenzija u procesu modeliranja, u kojoj konceptualni alati, vještine i obveze imaju ključnu ulogu. U slučaju anomalije specifične topline i modela bućica, izgradnja modela, koji je pružio objašnjenje anomalije specifičnih omjera topline, omogućena je uvođenjem konceptualnog alata „stupnjeva slobode“.

„Budući da izgradnja modela nije stvar dedukcije, nego je kreativni proces, znanstvenici trebaju posebne vještine kako bi postigli uspjeh.“ (de Regt, 2006:12) Na primjer, iako alat „stupnjeva slobode“ dopušta različite molekularne modele, model bućica ne slijedi logički iz teorije ili podataka. Uz alate i vještine i obveze imaju ulogu u modeliranju. Tako su npr. Maxwella njegove filozofske obveze spriječile da vidi rješenje $n = 5$. Gornji primjer pokazuje da je objektivistički pogled Hempela i Trouta pogrešan.

Zaključak ove studije slučaja, da se modele ne deducira iz teorije, može se pridružiti studijama slučaja sa istim zaključkom. To su već spomenuti model supravodljivosti braće London (Cartwright et al., 1995, vidi 3.2 i 2.4.3.2) i model graničnog sloja viskozne tekućine L. Prandtla (Morrison, 1999; vidi 3.2 i 2.4.3.2). Navedimo još dva primjera. Prvi je iz optike: „U ranim teorijama Younga, Fresnela i Kirchoffa za difrakcijsku prepreku se pretpostavljalo da je savršeno 'crna'. To znači da se svo zračenje koje pada na nju apsorbira, a ništa se ne reflektira. To je bitan izvor nejasnoće u smislu da pojam apsolutnog 'crnila' ne može biti legitimno definiran s preciznošću. On je, zaista, inkompatibilan s elektromagnetskom teorijom.“ (Born i Wolf, *Principles of Optics*, 1999:633) Drugi primjer daje M. Frisch: „Najčešći teorijski pristup modeliranju interakcija između nabijenih čestica i elektromagnetskih polja je matematički inkonzistentan usprkos činjenici da je upadljivo uspješan.“ (Frisch, 2005:3)

4.2. Kako modeli reprezentiraju svijet

U posljednjih petnaestak godina ponovno se vode rasprave o reprezentaciji. To je jedna od posljedica semantičkog pogleda na teorije. Naime, ako modeli nisu jezični entiteti, onda oni u odnosu na svijet ne mogu imati odnose istinitosti ili neistinitosti. Kakav onda odnos mogu imati? Semantičari smatraju da je to reprezentacija. Oni drže da modeli reprezentiraju tako što između modela i njegovog cilja postoji odnos koji se može formalizirati. Taj odnos može biti, ovisno o smjeru semantičkog pokreta, izomorfizam, homomorfizam, parcijalni izomorfizam ili sličnost. Filozofi znanstvene prakse smatraju da reprezentacija nije odnos, nego proces.

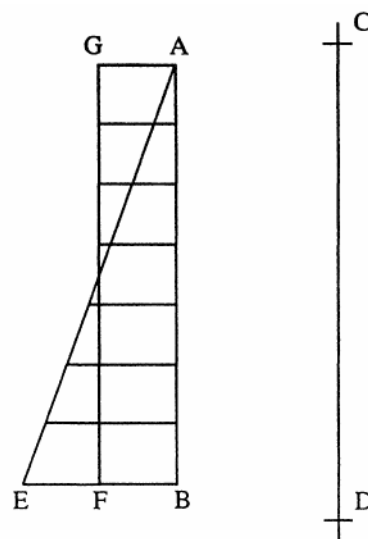
4.2.1. Denotacija, demonstracija i interpretacija: R. I. G. Hughes

Znanstvena reprezentacija je tema usko povezana s temom znanstvenih modela. Poznat je pogled na znanstvenu reprezentaciju R. I. G. Hughesa, koji predlaže opći prikaz modela u fizici. (Hughes, 1997) Modeliranje uključuje tri komponente: denotaciju, demonstraciju i interpretaciju. Elementi fizičkog svijeta su *označeni* (denotirani) elementima modela, model posjeduje unutarnju dinamiku koja nam dopušta da *demonstriramo* teorijske zaključke. Oni pak moraju biti *interpretirani* ako želimo predviđati.

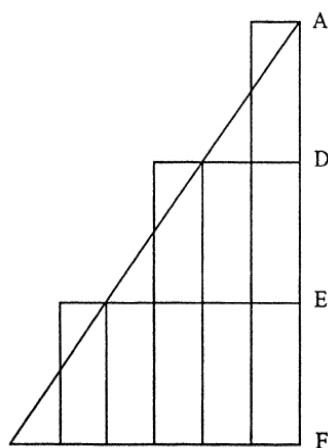
Galilejevi spisi Hughesu pružaju dobar primjer. Veći dio Trećeg dana Galilejevih *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze* (1638.) posvećen je kinematici, posebno „prirodno ubrzanim kretanjima“. U Propoziciji I, Teorema I tog odsjeka Galilei dovodi u odnos udaljenost koju u zadanom vremenu prijeđe jednoliko ubrzavajući predmet koji kreće iz mirovanja s onom udaljenošću koju u isto vrijeme prijeđe predmet koji se kreće jednolikom brzinom. Zaključuje da će dvije udaljenosti biti jednake u slučaju u kojem je konačna brzina ubrzavajućeg predmeta dvostruko veća od jednolike brzine drugog. Da bi demonstrirao tu propoziciju, tj. da bi je dokazao, Galilei upotrebljava jednostavan geometrijski dijagram (crtež 1). On piše, „Neka dužina AB predstavlja vrijeme u kojem pokrenuto [tijelo] prijeđe prostor CD, krećući se jednoliko ubrzano od mirovanja u C. Neka EB, povučena na bilo koji način od AB, predstavlja maksimalnu i konačnu brzinu povećavanu u djelićima vremena AB. Sve dužine povučene od AE do AB i paralelne BE će predstavljati povećanu brzinu nakon trenutka A. Sljedeće, prepолоvimo dužinu BE u točki F, povucimo

dužine FG i AG paralelne na dužine BA i BF. [Tako] će biti konstruiran paralelogram AGFB, jednak trokutu AEB, njegova stranica GF prepolavlja AE u I. (Galilei, 1638:165)

Nakon kratke rasprave zaključuje: čini se da stupnjevi brzine koju pokrenuto tijelo postiže mogu biti predstavljeni, u slučaju ubrzanog kretanja, sve dužim paralelama trokuta AEB, a u slučaju jednolikog kretanja, paralelama pravokutnika AGFB. Jer je ono što nedostaje stupnjevima brzine u prvom dijelu ubrzanog kretanja (manjak stupnjeva brzine predstavljenih paralelama trokuta AGI) nadoknađeno stupnjevima brzine predstavljenim paralelama trokuta IEF. Galilejeva analiza je izričito u smislu reprezentacija. Njegova strategija je, uzeti fizikalni problem i reprezentirati ga geometrijski. Rješenje problema se iščitava iz geometrijske reprezentacije. Ukratko, on dolazi do odgovora mijenjajući pitanje: problem u kinematici postaje geometrijski problem. Galilejevi primjeri sugeriraju vrlo općenit prikaz teorijske reprezentacije. Hughes ga naziva DDI prikazom. Prema tome prikazu, model u fizici uključuje tri komponente: denotacija (oznaka), demonstracija i interpretacija. Tri komponente pojavljuju se vrlo jasno u Galilejevu korolaru: vremenski intervali označeni su udaljenostima uzduž okomite osi, brzine duljinama vodoravnih crta. Demonstracija se tada događa potpuno unutar modela. Elementarna geometrija pokazuje da su te tri površine ABC, CBFI i IFPO u odnosima 1:3:5. (crtež 2) Taj geometrijski rezultat se kinematički interpretira: odnos površina se interpretira (tumači) kao odnos udaljenosti.



CRTEŽ 1



CRTEŽ 2

M. Suárez prigovara da Hughes ne brani baš teoriju reprezentacije, nego neku neodređenu koncepciju, jer on ne uvjetuje nužne i dovoljne uvjete odnosa reprezentacije. (Suárez, 2010.)⁷

Denotacija. Teorijski modeli ne moraju sličiti svojim predmetima. Hughes slijedi N. Goodmana koji tvrdi, „denotacija je srž reprezentacije i neovisna je o sličnosti“ (Goodman, [1968] 1976:5).⁸

Demonstracija. Teorije su uvijek *reprezentacije-kao*, reprezentacije kojima je Hughesov primjer slika Joshue Reynoldsa *Gospođa Siddons kao muza tragedije*. „Tom slikom Reynolds nas poziva da razmišljamo o njegovom primarnom subjektu, gospođi Siddons, u odnosu na drugi, muzu tragedije, i da dopustimo da konotacije ovog drugog subjekta vode našu percepciju gospođe Siddons.“ (Hughes, 1997:331) Slično, valna teorija svjetlosti predstavlja svjetlost *kao* valno gibanje.

Taj aspekt teorijske reprezentacije nije ograničen na analogijske modele. To je također karakteristika apstraktnih matematičkih reprezentacija, npr. kad govorimo o predstavljanju plazme kao klasičnog sustava ili kao kvantnog sustava. Matematičku reprezentaciju ne smije

⁷ (Suárez u recenziji R.I.G Hughes, *The Theoretical Practices of Physics: Philosophical Essays*, Oxford University Press, 2010.)

⁸ „Najnaivniji pogled na reprezentaciju mogao bi se možda izreći ovako: A reprezentira B ako i samo ako A prilično slični B. [...] Teško da se više zabluda može staviti u tako kratku formulu.“ (Goodman, 1976:3-4)

se zamišljati kao samo idealizaciju ili apstrakciju. Kao i analogijska reprezentacija, ona nam pokazuje sekundarni subjekt koji, takoreći, ima vlastiti život. Drugim riječima, reprezentacija ima unutarnju dinamiku čije učinke možemo istražiti. Iz ponašanja modela možemo izvući hipotetičke zaključke o svijetu povrh podataka s kojima smo započeli. Da bi bila prediktivna, znanost mora imati reprezentacije s pravom vrstom unutarnje dinamike. Matematički modeli su pravilo u fizici. „Unutarnju dinamiku daju im, barem djelomično, deduktivna sredstva matematike koju upotrebljavaju.“ (Hughes, 1997:332) Ono što je zajedničko znanstvenim modelima jest da sadrže sredstva koja nam omogućuju da demonstriramo rezultate za koje smo zainteresirani.

Interpretacija i gniježđenje modela. Zaključci demonstrirani u modelu moraju biti interpretirani u odnosu na njegov subjekt. Interpretacija daje *urod* predviđanja teorije. Tek nakon interpretacije možemo vidjeti korespondiraju li teorijski zaključci fenomenima te tako vidjeti je li teorija empirijski adekvatna. H. Hertz, čiji je prikaz teorija predak reprezentacijskog pogleda, je držao da teorije daju *slike* (*Bilder*). Može se usporediti rječnik Hertza i Hughesa. Ono što Hughes zove „denotacija“, to je za Hertza odnos između slika i predmeta. Nužnost koju Hertz pridaje „nužnim posljedicama slika u mislima“ je teorijska nužnost pridružena, prema Hughesu, demonstraciji. Ona je određena/definirana dinamikom modela. Za razliku od toga, nužnost pridružena „nužnim posljedicama prikazanih stvari“ je fizička nužnost⁹. Prema DDI prikazu, interpretacija je funkcija koja nas vodi od onog što smo demonstrirali, nužnih posljedica slika, natrag u svijet stvari.

Čak i u matematičkoj teoriji demonstracija ne može biti izjednačena s čistom matematičkom dedukcijom. Od slične važnosti su aproksimativne metode i perturbacijske tehnike. No, one također sugeriraju da dostupna sredstva demonstracije mogu utjecati na oblik teorijskog modela. Sugeriraju da, prije nego što možemo primijeniti jednadžbe teorije, moramo imati *pripremljeni opis* fenomena. (Cartwright, 1983:133)

Dva glavna trenda u fizici dvadesetog stoljeća, ipak, vode prema upotrebi modela koji nisu, u tom smislu, pripremljeni. To su: proširena upotreba metode hipoteze, to znači, upotreba lokalnih modela da bi se objasnili specifični fenomeni i pojava nove teorije materije. Obično ta dva trenda idu zajedno. Hughes daje elementarni primjer. Objašnjavamo zašto su metali uglavnom dobri vodiči dajući prikaz njihove strukture. Kažemo da se metalni kristal

⁹ Ako nam je uopće potrebna koherentna ideja fizičke nužnosti.

sastoji od rešetke pozitivnih iona uronjenih u plin slobodnih elektrona. Slijedi da će razlika potencijala između krajeva vodiča rezultirati strujanjem elektrona, tj. negativnog naboja kroz vodič. Ovaj opis vodiča nije *pripremljeni* opis, onako kako taj izraz upotrebljava Cartwright. Da bismo dali kvantno-mehanički prikaz modela *rešetke i elektronskog plina*, trebamo ga ponovo opisati kao kvantni sustav. Drugim riječima, moramo konstruirati reprezentaciju reprezentacije. DDI prikaz se, prema Hughesu, dobro prilagođava takvim hijerarhijama teorijskih reprezentacija. Model korišten u ranijoj fazi teoretiziranja može sam postati subjekt drugog modela na dubljoj razini.

Pitanje je na početku bilo: koju vrstu reprezentacije daje znanstveni model? Odgovor je, ukratko, da on daje reprezentaciju-kao. Predstavlja primarni subjekt u odnosu na sekundarni subjekt, model sam. Ova unutarnja dinamika modela dopušta demonstraciju novih i ponekad neviđenih zaključaka. Reprezentacije ove vrste mogu biti *ugniježdene* jedna u drugu, tako da jedan model daje unutarnju dinamiku drugom modelu.

Hughes uvodi svoj DDI prikaz pomoću Galilejevog primjera. Sam Galilei kaže: „Neka crta AB predstavlja vrijeme.“ Hughes kaže „denotira“, AB denotira vrijeme. Potom se cijela demonstracija odvija unutar modela, tj. geometrije te se tada, na kraju, rezultat interpretira natrag u fiziku (kinematiku). S. Ducheyne govoreći o Hughesovom DDI, kaže da „model ima unutarnju dinamiku koja dopušta da se iz njega izvuku teorijski zaključci“. (Ducheyne, 2006:4)

Vidjeli smo da znanstveni model, da bi mogao dobro reprezentirati fenomen, mora zadovoljiti tri uvjeta. No, prvi uvjet uopće nije uvjet nego je obična pogodba, a pogodba ne može osigurati „reprezentacijsku snagu“. Možda se može pristupiti ovako: prvo moramo odrediti nužne i dovoljne uvjete da bismo mogli reći da model reprezentira. Ne moramo govoriti, na početku, o tome koji su (nužni i dovoljni) uvjeti da model *dobro* (ili plodno) reprezentira. Prilično jasno je pitanje, što znači da nešto reprezentira. Ali nije jasno pitanje, kako nešto *dobro* reprezentira. Međutim, da bi reprezentacija bila „znanstvena“ a ne samo pogodbeno, mora zadovoljiti još neke uvjete.

4.2.2. Inferencijalnost modela: Maurizio Suárez

Na Hughesov prikaz znanstvene reprezentacije nastavlja M. Suárez. On je protivnik semantičkog pogleda, a njegova je glavna teza da modeli nisu izomorfni ili slični onome što modeliraju, nego služe tome da se iz njih izvede neki zaključak. Suárez dijeli interes za

filozofsku reprezentaciju na interes analitičke filozofije te na interes filozofije znanosti. (Suárez, 2003) A interes potonje je u tome da „se razvije pravo razumijevanje prakse znanstvenog modeliranja“. Već je do sada pokazano da je interes filozofije znanosti za reprezentaciju mnogo širi.

Očito je da Suárez smatra da je interes filozofije znanosti za reprezentaciju „praktičan“. U tome smislu nju ne zanima narav reprezentacijskog odnosa, nego se samo usredotočuje na veliki opseg modela i tehnika modeliranja primijenjenih u znanostima. Pretpostavka takvih istraživanja filozofije znanosti je da te tehnike modeliranja moraju biti ispravno shvaćene u kontekstu njihove primjene. Posljednjih 30-ak godina nastaje pokret za praktično istraživanje znanosti. On smatra da je izrada modela osnovni oblik reprezentacijskog djelovanja. Naglasak je na *uporabi*, bez uvažavanja, prihvaćanja pojedinačne uporabe modela u kontekstu aplikacije, nemoguće je uvažiti, prihvatiti njegovu ulogu. Ne smijemo samo promatrati odnose među entitetima (jednadžbama i sl.) koji obavljaju reprezentacijski posao i njihovih ciljeva, nego trebamo razmotriti i svrhe (ciljeve) onih koji upotrebljavaju i razvijaju reprezentacije.

Suárez smatra da znanstvena reprezentacija mora (*deflacijski*) zadovoljavati samo ova dva uvjeta: 1) da ima usmjerenost i 2) da omogućuje surogatno zaključivanje. Za njega reprezentacija da bi bila znanstvena mora imati nešto što on naziva „reprezentacijska sila“ (*representational force*). Sila je kontekstualno svojstvo. Suárez kaže da je to sposobnost koja nas vodi prema razmatranju cilja. Kontekstualno svojstvo tu znači da tog svojstva nema ako nema naše namjeravane reprezentacijske uporabe.

Objektivnost kognitivne i znanstvene reprezentacije, potvrđuje Suárez, je izvor poznate metafore sa zrcalom. Međutim, ta metafora nije korisna jer ne može objasniti reprezentaciju samu. Koja je bolja metafora za objektivnost reprezentacije? Prema Suárezu, to je surogatno mišljenje i zaključivanje. To znači da netko kompetentan može nešto zaključiti o cilju (fenomenu). Ili: A reprezentira B samo ako: 1) reprezentacijska sila A upućuje na B; 2) A dopušta (ili omogućuje) kompetentnom i informiranom djelatniku da *zaključ*i specifične *zaglavke* o B. *Razmišljanjem* o A zaključujemo nešto o B, to je pragmatička vještina, ovisna o svrsi i kontekstu.

Kad usporedimo ono što Suárez kaže o reprezentaciji i inferencijalizmu s jedne strane, i ono što kaže D. Bailer-Jones (vidi kasnije) o modelima i pristupu fenomenima koji oni omogućuju, s druge strane, onda se vidi razlika: dok Suárez drži da reprezentacija omogućuje

samo surogatno zaključivanje i mišljenje, Bailer-Jones dopušta da taj pristup, osim intelektualan, bude i perceptualan. Olakšavanje pristupa fenomenu moguće je postići na razne načine, a ne samo inferencijalno. O tome piše C. Z. Elgin (vidi 4.3). Bailer-Jones tvrdi da je model interpretativni opis, a on olakšava perceptivni pristup. Olakšavanje pristupa obično uključuje fokusiranje na specifični aspekt fenomena.

Razlog zašto Suárez prelazi s bavljenja pojmom znanstvenog modela (zajedno s Cartwright) na srodan pojam znanstvene reprezentacije, mogao bi biti u tome da je potonji lakše formalizirati te ga je tako jednostavnije upotrebljavati u filozofskoj analizi.

Reprezentacijsku silu može se postići na razne načine, npr. pogodbom. (Suárez, 2004) Prema tome, to je minimalni uvjet. No, pogodbeni reprezentacija na prvi pogled nema kognitivnu vrijednost. Ali u pogodbi može biti sadržana kognitivna vrijednost (informacija). To je zato što u stvarnosti nema čiste pogodbe. Objektivnost je samo više ili manje udaljena od čiste pogodbe. Kod svake pogodbe je već prisutno neko modeliranje.

Suárez priznaje da znanstvena reprezentacija daje specifičnu informaciju i to onu koja se odnosi samo na cilj. On odustaje od teze da neznanstvena, pogodbeni reprezentacija ne sadrži nikakvu informaciju, nema kognitivnu vrijednost. Suárez je odlučan da je objektivno ono što je informativno o cilju. Time, naravno, otpada dio informacija koji se mogao dobiti od pogodbenih reprezentacija, ali ne znamo otpadaju li sve takve informacije. Jer, kao što ima bezvrijednih pogodbi (bez kognitivne vrijednosti), tako ima i bezvrijednih informacija (zanemarive kognitivne vrijednosti).

U najmanju ruku, reprezentacijsku silu može se shematski sažeti na pogodbu. Tada se dinamički ekvilibrijum može shvatiti kao odnos utjecaja količine informacija na pogodbu. Same informacije nemamo prije pogodbe. Dakako, to nije jedino što utječe na pogodbu. Dinamički ekvilibrij je ono što se pokušava postići modeliranjem, što se mijenja modeliranjem.

Suárez tvrdi da je razlika između teorije i modela samo u uporabi te da je teorija čista forma, dok model ima sadržaj „ugrađen“. (Magnani, Nersessian i Thagard (ur.), 1999:79) Tada se može reći da Maxwellova teorija ima dobru formu, ali da modeli imaju pogrešan sadržaj. Suárez dalje tvrdi da je razlika forme i sadržaja samo pragmatička, za neku svrhu. (Magnani, Nersessian i Thagard (ur.), 1999:80) Teorija stoga nije reprezentacija u smislu da nema namjeravanu aplikaciju pa nema empirijski sadržaj. Ne vodi nas svome predmetu na onaj način na koji reprezentacija vodi (W. James).

Suárez govori o tome da fikcija može biti neistinita, istinita ili neutralna, ona je upravo onaj dio modela koji ga čini ni neistinitim ni istinitim. To je pomalo specifična definicija fikcije, a tu se Suárez poziva na „obiteljske sličnosti“. Tako su i idealizacije npr. fikcije; čak i blago odstupanje od *istine*.

4.2.3. „Tri teška pitanja“: Roman Frigg

Modeli su bitni za stjecanje i organiziranje znanstvenog znanja. Općenito je prihvaćeno da većina modela predstavlja svoje ciljne sustave na neki način. R. Frigg postavlja tri pitanja na koja svaka teorija znanstvene reprezentacije mora odgovoriti: može li na ta tri pitanja odgovoriti semantički pogled na teorije, danas najšire prihvaćen prikaz teorija i modela. (Frigg, 2006:49-65) Tvrdi da to ne može, Frigg nudi smjer u kojem bi trebalo tražiti održivi prikaz znanstvene reprezentacije.

Da bismo mogli razumjeti kako učimo pomoću modela, moramo odgovoriti na pitanje kako modeli reprezentiraju. (Frigg, 2006:49) Teorija znanstvene reprezentacije mora odgovoriti na tri pitanja: 1) ontologija modela: kakva vrsta predmeta su modeli? Jesu li oni strukture u smislu teorije skupova, fiksijski entiteti, konkretni predmeti, opisi, jednadžbe ili nešto drugo? Frigg to pitanje zove *ontološka zagonetka*; 2) drugo pitanje odnosi se na semantiku modela. Modeli su reprezentacije izabranog dijela ili aspekta svijeta (ubuduće „ciljni sustav“). Ali na temelju čega je model reprezentacija nečega drugog? To pitanje Frigg zove *enigma reprezentacije* ili kraće *enigma*; 3) treće pitanje, koje se također odnosi na semantiku modela, Frigg naziva *problemom stila*. Ono ima dva aspekta. Prvi aspekt je činjenični. Postoji raznolikost reprezentacijskih stilova u znanosti. Teorija reprezentacije mora dati pregled taksonomije različitih stilova i mora dati karakterizaciju svakoga od njih. Drugi je aspekt normativno pitanje: postoji li razlika između znanstveno prihvatljivih i neprihvatljivih stilova.

Frigg uz to navodi i dva zahtjeva koje svaka teorija znanstvene reprezentacije mora zadovoljiti. 1) Učenje iz modela. Znanstveni modeli predstavljaju stvari tako da nam omogućuju stjecanje znanja o tim stvarima. Prihvatljiva teorija znanstvene reprezentacije mora razjasniti tu interakciju znanja i reprezentiranja.¹⁰ 2) Mogućnost pogrešne

¹⁰ Morgan i Morrison smatraju modele „istraživačkim alatom“. (Morgan i Morrison (ur.), 1999:11) Swoyer piše o „surogatnom mišljenju“. (Swoyer, 1991:449)

reprezentacije. Teorija koja fenomen pogrešne reprezentacije drži tajanstvenim ili nemogućim mora biti neadekvatna.

U posljednjih nekoliko desetljeća semantički pogled na teorije postao je ortodoksni, opće prihvaćen pogled na modele i teorije. Iako se njega eksplicitno ne predlaže kao prikaz znanstvene reprezentacije, govor o reprezentaciji je široko rasprostranjen u literaturi o semantičkom pogledu. Prirodno je, dakle, polazište pitati daje li semantički pogled adekvatne odgovore. Frigg tvrdi da semantički pogled ne može biti teorija znanstvene reprezentacije.

Strukturalistička koncepcija modela. Postoje dvije verzije semantičkog pogleda na teorije, jedna temeljena na ideji strukturnog izomorfizma a druga temeljena na sličnosti. U srži prve verzije, koja dolazi iz matematike, leži ideja da su modeli strukture. Tako Suppes kaže da je „značenje pojma modela jednako u matematici i empirijskim znanostima“. (Suppes, 1961:12) Van Fraassen tvrdi da nam „znanstvena teorija daje obitelj modela koji predstavljaju fenomene“ te da su ti modeli „matematički entiteti, tako da imaju samo strukturu“. (van Fraassen, 1995:515) Znanost je „interpretirana kao da kaže da entiteti stoje u odnosima koji su tranzitivni, refleksivni itd., ali ne kaže ništa o tome kakvi su ti odnosi“. (van Fraassen, 1995:516) French i Ladyman tvrde da je „specifični materijal modela nevažan. Ono što je važno je strukturna reprezentacija“. (French i Ladyman, 1999:109) Ukratko, teorije, konstruirane kao obitelji modela, treba promatrati kao *strukture*. (usp. da Costa i French, 2000:119)

Zastupnici semantičkog pogleda koji drže da je odnos modela i njegovog ciljnog sustava izomorfizam, zauzimaju sljedeći stav: (SM) Znanstveni model S je struktura i on reprezentira ciljni sustav T akko je T strukturno izomorfan S. Frigg to naziva *strukturalističkim pogledom na modele* (SM). On odgovor na *ontološku zagonetku* ne prihvaća te drži da modeli doduše uključuju strukture, ali da se ne mogu reducirati na njih. Friggovi argumenti protiv (SM) kao odgovora na *enigmu* dijele se u dvije skupine. Prva skupina prigovora želi pokazati da se znanstvena reprezentacija ne može objasniti pomoću izomorfizma. Druga pak skupina argumenata drži samu ideju izomorfizma između modela i cilja problematičnom. Razlog zašto reprezentacija ne može biti objašnjena pomoću izomorfizma je taj da on ima kriva formalna svojstva: izomorfizam je simetričan i refleksivan dok reprezentacija to nije. Isti argument Goodman upotrebljava protiv teorije sličnosti slikarske reprezentacije (Goodman, [1968] 1976:4-5), a protiv izomorfizma ga upotrebljava (Suárez, 2003).

Osim toga, strukturni izomorfizam nije dovoljan za reprezentaciju jer u mnogim slučajevima nijedan od para izomorfnih predmeta ne predstavlja drugoga. Dvije kopije iste fotografije, npr., iako izomorfne nisu reprezentacija jedna drugoj. (SM) je previše restriktivan ako dopušta da se reprezentacija prikaže isključivo pomoću izomorfizma. Problem nestaje ako se u definiciju reprezentacije uključi intencijske korisnike – (SM') Struktura S predstavlja ciljni sustav T akko je T strukturno izomorfan S i neki je korisnik S namijenio reprezentaciji T. Samo dodavanje intencija kao dodatnih uvjeta znači uzimati nedokazano dokazanim. Reći da je S pretvoren u reprezentaciju zato što znanstvenik namjerava da mu S reprezentira T je parafraza a ne rješenje problema. Moramo shvatiti kako znanstvenik dolazi do toga da S upotrebljava kao reprezentaciju T.

Štoviše, kad pogledamo kako (SM') rješava gore spomenute probleme, shvatimo da je izomorfizam postao nevažan za objašnjavanje zašto S predstavlja T, jer intencija obavlja cijeli posao. Izomorfizam ne odgovara na pitanje zašto, ali odgovara na pitanje kako, jer bi samo intencijom bilo što moglo predstavljati bilo što drugo. Tako ne bismo mogli objasniti kako od modela učimo o njegovu cilju. Tako istaknut izomorfizam ne odgovara na *enigmu*, nego na *problem stila*: on samo nameće ograničenja na to koje su reprezentacije dopuštene. Izomorfizam je odnos između dviju struktura, a ne između strukture i dijela stvarnog svijeta po sebi. Zbog toga, ako želimo da ima smisla tvrdnja da su model i cilj izomorfni, onda moramo pretpostaviti da cilj pokazuje strukturu. Frigg tvrdi da struktura S može predstavljati sustav T samo što se tiče određenog opisa. Posljedica toga je da opisi ne mogu biti zanemareni u analizi znanstvene reprezentacije te da treba prepoznati da se znanstvenu reprezentaciju ne može objasniti pomoću struktura i izomorfizma.

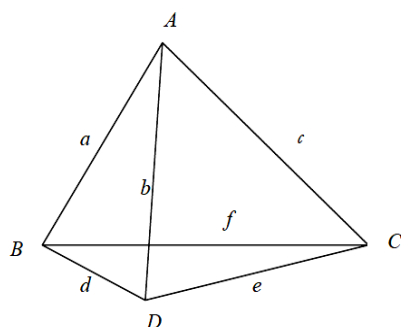
Ciljni sustav nema jedinstvenu strukturu. Ovisno o tome kako smo opisali sustav, on pokazuje različite, neizomorfne strukture. Ako sustav treba imati strukturu, on mora biti sastavljen od entiteta i od odnosa. No, fizički svijet nije podijeljen na dijelove od kojih bi svaki ima natpis „ovo je entitet“ ili „ovo je odnos“. Ono što prepoznajemo kao entitete te koji su odnosi među njima ovisi dijelom o tome kako konceptualiziramo sustav. Razne konceptualizacije mogu rezultirati različitim strukturama i zato ne postoji nešto što bi bila jedna i jedina struktura sustava. Friggov argument za tu tvrdnju je takoreći induktivan. Navodi znanstvene primjere u kojima struktura sustava ovisi o opisu koji izaberemo. Primjeri su izabrani tako da nametanje različitih struktura ovisi samo o vrlo općenitim svojstvima sustava (npr. njihovom obliku). Iz tih je primjera lako prenijeti strategije na druge slučajeve.

Iz toga se daje zaključiti da Friggove tvrdnje o ovisnosti struktura o opisu vrijede za široku klasu sustava u najmanju ruku, a to je dovoljno.

Molekula metana (CH_4) se sastoji od četiri vodikova atoma koji oblikuju pravilni tetraedar (vidi crtež 3) i ugljikovog atoma koji se nalazi u sredini. U mnogim znanstvenim kontekstima (npr. sudaranja ili ponašanje molekule u odnosu na polupropusnu membranu) važan je samo oblik molekule. Koja je struktura oblika metana? Da bismo primijenili našu ideju strukture, potreban nam je skup entiteta i odnosa. Čini se da je prirodan izbor promatrati vrhove tetraedra kao entitete, a bridove kao odnose. Rezultat je struktura TV koja se sastoji od četvero-predmetne domene $\{A, B, C, D\}$ i odnosa L ($Lxy = 'x$ je povezan s y crtom') koji ima ekstenziju $\{(A, B), (A, C), (A, D), (B, C), (B, D), (C, D)\}$.

Međutim, to nije ni jedini mogući ni jedini prirodni izbor. Zašto ne uzeti bridove kao predmete a vrhove kao odnose? Nema ničega u naravi vrhova što ih čini „predmetnijima“ od bridova. Slijedeći tu ideju dobijemo strukturu TE s domenom koja se sastoji od šest rubova i odnosom I ($Ixy = 'x$ i y se sijeku') koji ima ekstenziju $\{(a, b), (a, c), (a, d), (a, f), (b, c), (b, d), (b, e), (c, e), (c, f), (d, f), (d, e), (e, f)\}$. Posljedica toga je da metan služi kao primjer određene strukture samo u odnosu na određeni opis i da ne postoji takva stvar kao što je *struktura metana*.

Friggovo argumentaciji može se prigovoriti da smo se upravo poslužili oblikom tetraedra da bismo mu u vrhove stavili vodikove atome. I drugo, znamo da imamo četiri predmeta – vodikova atoma, a ne šest kao u drugoj strukturi. Tako se može reći da Frigg nije uspio dokazati svoju tezu, tj. nije uspio dokazati neadekvatnost strukturalizma i semantičkog pogleda. Dakako da je struktura metana izomorfna strukturi modela metana kad smo se već dogovorili da metan ima strukturu tetraedra. Već je to model. Inače, gornja primjedba Friggu je istodobno obrana određene pozicije znanstvenog realizma, možda strukturalnog realizma (Ladyman, Psillos).



Crtež 3

Sustav moramo opisati na određeni način da bi on pokazao strukturu s kojom se bavimo. Ako izaberemo različite opise koji uključuju različite pretpostavke modeliranja, dobivamo različite strukture. Frigg drži da strukturalne tvrdnje počivaju na konkretnijim opisima ciljnog sustava. Zbog toga su opisi integralni dio svake upotrebljive koncepcije znanstvene reprezentacije, pa ih ne možemo izostaviti iz naše analize. Tu se ne radi samo o dopuni strukturalističkog programa, jer se dovodi u pitanje središnju dogmu semantičkog pogleda na teorije, naime da modeli nisu jezični entiteti. Modeli uključuju i nejezične i jezične elemente, zaključuje Frigg.

Znanstvena reprezentacija uključuje zamršenu mješavinu jezičnih i nejezičnih elemenata. Tu se ideju može dobro povezati s prethodnim zaključkom zato što se čini da „intencionalnost koja je potrebna za znanstvenu reprezentaciju dolazi na scenu preko opisa koje znanstvenici upotrebljavaju da povežu strukture sa stvarnošću.“ (Frigg, 2006:62)

Uredne fraze poput „S je izomorfan T s obzirom na opis D“ zavaravaju tako da nas uvjeravaju da razumijemo kako se odvija interakcija struktura opisa i svijeta. Frigg tvrdi da je to pogrešno. Ti izrazi su previše neodređeni pa treba daleko više analitičkog rada da se pokaže kako se strukture, ciljevi i opisi integriraju u konzistentnu teoriju reprezentacije.

4.3. Znanstveno razumijevanje

Što nam modeli daju i zašto je to važno za temu o modeliranju? Modeli sami nam ne daju ništa, a modeliranje nam daje razumijevanje. Zapravo, razumijevanje je isprepletano s modeliranjem. Sami modeli nam ne daju ništa dok ih ne upotrebljavamo. A možemo ih

upotrebljavati samo ako imamo odgovarajuća znanja i vještine, ako imamo razumijevanje upotrebe modela i modeliranja.

O odnosu reprezentacije i razumijevanja kao ciljeva znanosti i kao ciljeva modeliranja piše C. Z. Elgin.¹¹ Ona nam daje uvod u epistemologiju modeliranja. Cilj znanosti, drži Elgin, nije znanje nego razumijevanje. Znanje je, prema njezinu mišljenju koje je na tragu N. Goodmana, preuzak cilj znanosti. Ono što je prihvatljiv širi cilj znanosti nazovimo razumijevanjem. Pojam modela je s tim povezan preko pojmova fikcije i analogije: znanosti imaju svrhu ili cilj. Ciljevi mogu biti ekstrinzični i intrinzični. Intrinzični ciljevi su razumijevanje, znanje ili predviđanje. (Dupré, 1993:3) Ekstrinzični ciljevi su moć, novac, slava itd.

Modeli s razumijevanjem dijele neke teorijske vrijednosti i epistemičke vrline. N. Goodman i C. Elgin drže da ni znanje ni istina nisu toliko važni kao što se obično misli, često su trivijalni. Elgin se ubraja među filozofe znanstvenog razumijevanja na križanju epistemologije i filozofije znanosti (Elgin, Kvanvig, W. Riggs). Kao što Elgin primjećuje ima raznih vrsta razumijevanja. Razne se stvari može razumjeti na razne načine. Razumijevanje (za razliku od znanja) nema ontološke obveze, ne mora se opredijeliti za realizam ili antirealizam.

Glavna teza C. Elgin je da znanost nije ogledalo prirode, nego da utjelovljuje njezino razumijevanje. Ona drži da je samo po sebi jasno da zrcaljenje nije razumijevanje. Zrcaljenje je, pouzdano (istinita) i potpuna reprezentacija bez iskrivljavanja. Kad bi to bilo točno, onda bi način na koji modeli funkcioniraju ostao misteriozan. Modeli pojednostavljuju i često iskrivljuju. To bi bio problem kad bi modeli morali točno prikazivati činjenice. Ali ne moraju. Znanost nije ogledalo prirode, ona je razumijevanje prirode.

Filozofija znanstvenih modela i epistemologija, naročito komparativna, konvergiraju. Dominantna struja epistemologije, kao i ona filozofije znanosti, to još ne uviđaju: znanost nam daje potpunu, pouzdanu i neiskrivljenu reprezentaciju (ili predodžbu) svijeta. Elgin kaže da je uvriježeno mišljenje da je reprezentacija intencionalni surogat ili replika svojih predmeta. Reprezentacija, prema Elgin, dopušta ili omogućuje epistemički pristup svojstvima predmeta koja bi inače bila teško dostupna ili nedostupna. Za to nam stoje na raspolaganju

¹¹ Odnosom znanstvenog razumijevanja i modeliranja djelomično se bavi i zbornik *Scientific Understanding* urednika H. de Regta, S. Leonelli i K. Eignera. (de Regt et al., 2009)

mnoga sredstva: analogija, metafora, apstrakcija, idealizacija, modeliranje, teorijski termini, klasifikacija i sl. Model omogućuje (ili olakšava) epistemički pristup ne samo tako da *oprimjeruje* svojstva koja nisu očita u prirodi, nego i tako da dinamiku takvih svojstava čini preglednom (jasnom, razumljivom). Elgin kaže da „metafora, fikcija, emocija i egzemplifikacija često unapređuju razumijevanje u znanosti.“ (Elgin, 1996:ix) Možda bi se njezinu filozofiju moglo nazvati epistemologijom razumijevanja.

Elgin pokazuje razliku između znanja i razumijevanja. Radi se o vrstama procedura. Ono što nam daje pravo znanje Elgin naziva *savršenom proceduralnom epistemologijom*. Savršena proceduralna epistemologija dio je trodjelne podjele epistemologije koja ima izvor u *trodjelnoj podjeli procedura* u djelu *A Theory of Justice* J. Rawlsa.¹² (Elgin, 1996:4) Savršena proceduralna epistemologija drži da činjenice nisu ovisne ni o čemu što znamo ili vjerujemo o njima. (Elgin, 1996:9) Elgin ne tumači ograničenja savršene proceduralne epistemologije, iz čega slijedi da nije zadovoljna klasičnom epistemologijom. Na mjestu dodira savršene i nesavršene proceduralne epistemologije, njihovih razloga i argumenata mogu nam pomoći modeli. Elgin zagovara nesavršenu proceduralnu epistemologiju, a jedan od razloga je da savršena proceduralna epistemologija vodi u skepticizam. Upravo nesavršena proceduralna epistemologija omogućuje proširivanje opsega epistemologije. (Elgin, 1996:13) Kao što savršena proceduralna epistemologija dopušta samo vrlo stroga i uska sredstva, tako nesavršena proceduralna epistemologija u svojoj provizornoj vjerodostojnosti dopušta sva sredstva, tj. i analogiju i metaforu i emociju. Nesavršenom proceduralnom epistemologijom se koriste modelari. Rezultat nije ni čvrsto znanje ni arbitrarnost.

Nasuprot savršenoj i nesavršenoj proceduralnoj epistemologiji, čista proceduralna epistemologija tvrdi da nema neovisnog mjerila korektnog ishoda. Kada se procedura ispravno izvede, ona određuje koji je rezultat točan. (Elgin, 1996:16)

Razumijevanje pruža druga epistemička dobra: nesavršenost poziva na holizam raznih sredstava; taj holizam je upravo objedinjen nečim što možemo nazvati „razumijevanje“ i razumijevanje je ono što omogućuje da se istodobno koriste razna (nesavršena) sredstva. Za kognitivni uspjeh nije nužna izvjesnost. Da bi se to ne dokazalo, nego obrazložilo, potrebno je ukazati na odnos savršene i nesavršene proceduralne epistemologije. Nesavršena proceduralna epistemologija nema stroge kriterije, ne želi odbaciti osnovana uvjerenja kao neznanje. Ona je

¹² Rawls, 1971:85.

u tom smislu praktična. Tu je riječ o metafizičkom pragmatizmu. Ali nesavršena proceduralna epistemologija bi protiv savršene trebala imati jaču poziciju. Npr. kod savršene proceduralne epistemologije ostaje tako malo znanja da se s njime ništa ne može učiniti. Drugim riječima, savršena proceduralna epistemologija nema dovoljno ekspresivne snage, pa tako nije u skladu sa znanošću. Znanost drži da ne može biti „dobra“ ona filozofija znanosti koja ne podupire empiriju same znanosti. Ekspresivna snaga nije samo plodnost, ona je moć reprezentacije, ekspresivnost kao kognitivna, epistemička vrlina. To je bio jedan od razloga za prihvaćanje semantičkog pogleda. Barem znamo da semantički pogled ima veću ekspresivnu snagu od sintaktičkog. Ekspresivna snaga također doprinosi razumijevanju. Problem sa savršenom proceduralnom epistemologijom je njezino siromaštvo. Znanost hoće i misli da može više. To nova filozofija znanosti ne može zaobići. Ona ne smije ignorirati povijest znanosti. Jer, ako misli da može, kojom se ona to znanosti bavi? Uopće, pitanje je, kako je moguće da se filozofija znanosti bavi nečim što znanost (uglavnom) nije? Nesavršena proceduralna epistemologija ne vodi u skepticizam, nego samo u falibilizam.

Danas se svi slažu da je sintaktički pogled na znanstvene teorije, onakav kakav su zastupali logički empiristi, preuzak, da ostavlja značajan dio znanosti izvan znanosti. Da nije primjenjiv ni na cijelu fiziku, a na druge znanosti još manje. Kako počinju dominirati upravo znanosti na koje je teško primijeniti sintaktički pogled, tako filozofija to mora pratiti ako ne želi postati još više ograničena i uskogrudna. Naturalizam ovdje nije zanimljiv sam po sebi, nego je samo sredstvo kojim se uspostavlja kriterij filozofije znanosti.

To da treba odgovarati *i* znanosti, to je slaba točka klasične epistemologije. Tu je sukob filozofije znanosti i epistemologije. Znanost može težiti nečemu što nije znanje. Ipak, ona napreduje i bez toga. Ona napreduje i ako stvara preduvjete za znanje. No, tada nam je potreban onaj dio epistemologije koji problematizira načine dolaženja do znanja. To su procedure o kojima govori Elgin.

Ponekad možemo odbaciti znanje kao cilj i baviti se samom procedurom. Izgleda da je najbolji kandidat za ono mjesto u znanosti koje više ne može ispuniti samo znanje – razumijevanje. Elgin objašnjava zašto je razumijevanje za znanost važnije od istine. Ponekad se istina može žrtvovati da bi se postigla bolja ravnoteža kognitivnih ciljeva. (Elgin, 1996:170) U svakom slučaju, razumijevanje može biti sredstvo za razne ciljeve. Ono vodi prema prepoznavanju uzoraka.

Prema Elgin i Goodmanu, kognitivna (epistemička) vrijednost znanja je precijenjena. Ona nabraja druge vrijednosti koje se shematski mogu ubrojiti u *razumijevanje*. Tu su razna fokusiranja, stabiliziranja uzoraka i istaknutosti, plodnost, relevantnost i sl. Razumijevanje je vrsta epistemičkog uspjeha. Do razumijevanja dolazimo pomoću modela (Kelvin). Razumijevanje je cilj modeliranja, ali razumijevanje je i ono što možemo raditi s modelima. Razumijevanje je sposobnost i vještina modeliranja.

4.4. Uloga normi i vrijednosti u modeliranju

U modeliranju, a ne u samom modelu, su prisutne vrijednosti i norme. Tom temom se posebno bavi I. Peschard. Ona uvodi ideju teorijske priče kao izvora ograničenja u izgradnji i procjeni modela fenomena. (Peschard, 2007) Cilj znanstvene djelatnosti je razvijanje razumijevanja fenomena. Ono što služi toj svrsi te doprinosi razvoju razumijevanja ima kognitivnu vrijednost. Vrijednosti i njihove prosudbe imaju bitnu ulogu u izgradnji modela.

Semantički pogled tvrdi da su modeli strukture. No, ako su modeli samo strukture, kako mogu imati fizičko značenje, kako mogu biti modeli fenomena određene klase? Jedan odgovor bi mogao biti da strukture dobivaju fizičko značenje, da postaju povezane sa svijetom, pomoću interpretacije. Na primjer, R. Giere tvrdi da teorija uključuje i određeni skup struktura i „teorijsku hipotezu“ koja ustvrđuje odnos između tih struktura i domene fenomena. (Giere, 1984) Tako teorija nije *samo* skup modela. Peschard se pita određuje li ova koncepcija načina na koji se modeli odnose na svijet realističan prikaz onoga što znanstvenici rade. (Peschard, 2007:153-154)

Zbog šutnje o tome kako modeli nastaju, u praksi, čini se kao da semantički pogled nudi sljedeći scenarij: modeli su izvedeni iz strukturnih ograničenja. Fizičko značenje im je dano interpretacijom koja ih dovodi u odnos s klasom fenomena. Prema tom scenariju, filozofe znanosti bi u proizvodnji znanstvenog znanja trebala zanimati samo procjena modela, upravo kao što je to za sintaktički pogled bila procjena teorija. Uloga vrijednosti i vrijednosnih sudova, prema ovome prikazu, je ograničena na procjenu modela. Takvo ograničenje je moguće samo zato što se smatra zadanim da se teorijski okvir odnosi na dotične modele. Isto tako se smatra zadanom strukturu fenomena koje bi ti modeli trebali modelirati.

Zanemarivanje prakse modeliranja pokrenulo je kritičku reakciju koja inzistira, na osnovi studija slučaja, na težini i kreativnosti procesa proizvodnje modela sa svojom kontekstualnom ovisnošću o određenim pretpostavkama i aproksimacijama. Alternativni scenarij bi bio sljedeći: modeli nisu izvedeni iz prvih principa, oni su konstruirani. Teorije su alati, među mnogim drugim, za to konstruiranje. (Cartwright et al., 1995) Štoviše, odnos između modela i fenomena nije vanjski odnos, nego unutarnji (intrinzični) odnos. Fizičko značenje modela je „ugrađeno“ u model tijekom procesa njegovog konstruiranja. (Suárez, 1999b)

Ne izražava sam model fenomena razumijevanje, nego ono što se radi s modelom, ono što se može postići. Nema razumijevanja fenomena po sebi. Postoji samo neko razumijevanje, više razumijevanja ili bolje razumijevanje. Razumijevanje se ne može reducirati na odgovore na ograničeni, zatvoreni skup pitanja. Razumijevanje fenomena je proces, ono je progresivno i otvoreno. Započinje prije nastanka modela i razvija se iza neke određene upotrebe modela. Model je instrument za istraživanje fenomena. On je kao zemljovid, kako kaže Giere, koji nas vodi u istraživanju sposobnosti elemenata uključenih u proizvodnju fenomena. Model unapređuje razumijevanje time što je to istraživanje izvor razumijevanja. Ono započinje prije, jer je konstruiranje modela samo proces istraživanja koje proizvodi razumijevanje identificiranjem relevantnih svojstava. (Peschard, 2007:165)

O važnosti procesa modeliranja te o ulozi normi u modeliranju pišu Peschard i van Fraassen. (Peschard i van Fraassen, 2013) Vidjet ćemo kako se pristup Peschard i van Fraassena može povezati s onim Cartwright. Oni pokazuju kako filozofija znanosti može raspravljati o procesu modeliranja.

Peschard i van Fraassen pitaju: „Može li fokusiranje na modeliranje u znanstvenoj praksi pomoći da se drukčije procijeni uloga znanstvenih normi i vrijednosti?“ (Peschard i van Fraassen, 2013:1) Oni se usredotočuju na djelatnost modeliranja koje se provodi zajedno s eksperimentiranjem te koje „zauzima mjesto između početne selekcije problema i završnog sučeljavanja hipoteze ili potpuno konstruiranog modela s podacima ili dokazima koje treba razjasniti.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:1)

4.4.1. Modeli i postupci skupljanja podataka

Neke uloge koje vrijednosti igraju u znanosti smještene su u specifične trenutke znanstvenog istraživanja: prije nego što započne bilo kakav proces modeliranja i

eksperimentiranja, u izboru problema i metoda te *nakon* što je taj proces već dovršen, u interpretaciji i primjeni znanstvenih rezultata.

Prije nego empirijsko istraživanje, koje uključuje modeliranje i eksperimentiranje započne, vrijednosti ulaze u selekciju istraživačkih programa, problema koje treba riješiti, fenomena koje treba istražiti ili čak sredstava korištenih u istraživanju.

U završnoj fazi, kad su i podatci i hipoteza ili teorija koju treba procijeniti potpuni, hipoteza će biti procijenjena, možda prihvaćena ili odbačena, u svjetlu dokaza.

„No, stvarna se aktivnost modeliranja događa između početne selekcije problema i završnog sučeljavanja između hipoteze ili modela i podataka ili dokaza koje treba razjasniti.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:2) Vrijednosti bi mogle imati neku ulogu i u toj fazi. Suvremeni pogled na modeliranje tvrdi da modeli nisu izvedeni iz teorija. I onda kada modeliranje vode teorijska načela postoji prostor između načelnih ograničenja i završnog modela. Unutar tog raskoraka ima prostora za vrijednosne sudove.

4.4.2. Konkretni modeli i PPP iskazi

Kad bi se evaluacija modela fenomena zasnivala samo na empirijskoj pouzdanosti izbor modela bi bio slobodan od vrijednosnog suda. No to bi vrijedilo samo u onim uvjetima u kojima se model može neposredno testirati.

Da bi se vidjelo koji su to uvjeti, „pretpostavimo da je model opisan jednadžbom kao što je $PV = rT$. Tada je tvrditi da je model empirijski adekvatan isto što i tvrditi da će ishod mjerenja P , V i T , *dok su ispravno zaštićeni od interferencije*, pokazivati taj odnos. Takve tvrdnje o modelu može se čitati kao tvrdnje o vrsti *postupka proizvodnje podataka* (PPP). Ukratko, one su *PPP iskazi*. PPP iskaz je iskaz o postupcima koji proizvode određene podatke.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:2) Prema PPP iskazu proizvedene vrijednosti zadovoljavaju odnos prikazan u modelu.

„Nazovimo model 'konkretnim modelom' samo ako se tvrdnje o modelu može čitati kao tvrdnje o postupcima proizvodnje podataka.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:2) To znači, samo ako se model sastoji od odnosa među količinama kojima se može pripisati vrijednost pomoću postupaka proizvodnje podataka.

4.4.3. Apstraktni pojmovi, konkretni modeli

Razmatranje samo konkretnih modela izostavlja ključan dio procesa modeliranja. Prije nego što ih se testira, modeli trebaju biti konstruirani. Konstruiranje modela uključuje i empirijske podatke. Zbog toga Boumans govori da modeli, posebno u ekonomiji, imaju „ugrađeno opravdanje“. (Boumans, 1999, 2005)

„Kad se testira konkretni model, on propisuje koji podatci su relevantni za test te koji tip PPP treba biti konstruiran. Ali u ranijoj fazi konstruiranja modela, smjer ograničenja nije od modela prema podacima (konkretni model → PPP), nego od podataka prema modelu (PPP → konkretni model).“ (Peschard i van Fraassen, 2013:3) Neće li tada fenomen koji se istražuje diktirati način na koji specificiramo vrstu postupka koji proizvodi podatke koji trebaju biti razjašnjeni pomoću modela? Neće jer fenomen i kad je specificiran za istraživanje, nije dobro definiran pomoću postupka proizvodnje podataka. „Modeliranje se ne tiče samo proizvodnje modela koji uključuju i razjašnjavaju neke dane podatke. Zadaća je također, u nekim slučajevima, odrediti vrste postupaka proizvodnje podataka koji proizvode prikladne podatke, podatke koje treba razjasniti.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:3) Podatke koje treba razjasniti nazovimo „relevantnim podacima“. Tada je modeliranje udruženo s eksperimentalnom aktivnošću. Tu vrstu modeliranja zovemo „eksperimentalnim modeliranjem“. Eksperimentalna aktivnost udružena s modeliranjem sastoji se, koristeći se riječima J. Rousea, od kreiranja „novih preuređenja svijeta koja dopuštaju nekim aspektima koji obično nisu vidljivi i shvatljivi da se pokažu jasno i očito“. (Rouse, 2009) Fenomen, cilj modeliranja, pokazat će se postupcima proizvodnje podataka koji proizvode vrijednosti količina koje karakteriziraju ta „nova preuređenja svijeta“. „Kreirati takva uređenja znači, dati oblik fenomenu koji se proučava.“ (Peschard i van Fraassen, 2013, 3) To „davanje oblika“ nalazi se u srcu konstruiranja modela i može se nastaviti u različitim smjerovima. Tijekom istraživanja nizovi sudova vode prema konačnoj karakterizaciji ciljanog fenomena.

Neki su filozofi (Longino, 1990; Rolin, 2011) tvrdili da vrijednosti zaista mogu igrati ulogu u specifikaciji relevantnih podataka: „da bi mogao procijeniti dokazno jamstvo hipoteze, znanstvenik će morati odlučiti koja vrsta dokaza je relevantna za hipotezu. U nekim je slučajevima odluka o relevantnosti opterećena vrijednostima.“ (Rolin, 2011:4)

Ona istraživanja modeliranja koja su se bavila testiranjem samo konkretnih modela nisu uočila taj problem. Kod konkretnih modela vrsta postupka proizvodnje podataka koju

treba ostvariti da bi se proizvelo podatke za testiranje je propisana modelom samim. Ako želimo testirati $PV = rT$, jednostavno trebamo PPP koji mjeri P, V i T.

„Problem dokazne relevantnosti pojavljuje se onda kada formulacija problema, referirajući na fenomen koji se istražuje, uključuje *apstraktne* pojmove, u smislu razlikovanja konkretnih i apstraktnih pojmova kakvo zastupa N. Cartwright.“ (Peschard i van Fraassen, 2013, 3) Ona ilustrira ideju apstraktnog pojma pomoću pojma sile. (Cartwright, 1999a:44) Dva svojstva obilježavaju to da je sila apstraktni pojam. Jedno je da je ona apstraktna u odnosu na skup konkretnijih opisa tako da se apstraktni pojam ne može primijeniti ako se neki od tih opisa također ne može primijeniti. Postoji sila samo tamo gdje postoji neka posebna vrsta sile, električna, magnetska, gravitacijska i tsl. i gdje je postignuta posebna vrsta fizičkog uređenja (nomološki stroj). To fizičko uređenje može se karakterizirati pomoću količina kojima se može pripisati vrijednost. Naprimjer, sila teža između dviju masa postoji tamo gdje postoje dva tijela, jedno mase m , a drugo mase M , smještena na udaljenosti r jedan od drugog: „u tom uređenju mala masa m je predmet sile GmM/r^2 .“ (Cartwright, 1999a:44)

Konkretni opisi udruženi s apstraktnim pojmovima karakteriziraju fizičke uvjete, uređenja u kojima je apstraktni pojam oprimgeren. Konkretni opis konstruiramo kao opis vrste postupka stvaranja podataka: on opisuje uređenje pomoću podataka koji mogu biti stvoreni unutar uređenja kao što su vrijednosti za mase m i M te za udaljenost r .

„Drugo svojstvo je da se apstraktni pojam primjenjuje samo u situacijama koje zadovoljavaju pridružene konkretne opise.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:4) Nema ničega više u sili, nema „novog, odvojenog svojstva“, od zadovoljavanja barem jednoga od tih opisa. „Nema općeg svojstva povrh toga da je nešto specifična vrsta sile. Pored tih dvaju svojstava, još jedan važan aspekt razlike apstraktno/konkretno koji pobliže označava prethodni iskaz je da se apstraktni pojam ne da reducirati na pridružene konkretne opise.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:4) To je ilustrirano još jednim od primjera apstraktnih pojmova Cartwright, pojmom rada (pranje suđa, traženje stipendije). Ali pojam rada ima veze s drugim apstraktnim pojmovima: pranje suđa je primjer pojma rada samo utoliko ukoliko nije dokolica. „Veza rada i *dokolice* ograničava vrstu situacija u kojima se može ostvariti *rad*.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:4)

Razlikom apstraktno/konkretno možemo se koristiti na sljedeći način: „tvrdnja o fenomenu koji još nije dobro definiran upućuje na njega koristeći se *apstraktnim* pojmom.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:4) Nasuprot tome, model fenomena kojemu se empirijska

pouzdanost može neposredno testirati je *konkretni* model. Postupak modeliranja ide od apstraktnog pojma do konkretnog modela preko specifikacije uvjeta ostvarenja apstraktnog pojma, tj. vrste postupaka stvaranja podataka koje treba razjasniti pomoću konkretnog modela fenomena. „Pretpostavimo da želimo napraviti konkretni model ovisnosti proizvodnosti rada o nekim fiziološkim ili društvenim čimbenicima.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:4) Konstruiranje će najčešće započeti s nekim podacima koje treba razjasniti te koji će kao takvi voditi i ograničavati konstrukciju modela. Ali da bi podatci mogli imati tu ulogu, oni moraju biti sakupljeni u uvjetima koji su prepoznati kao *uvjeti rada*: uvjeti u kojima je pojam rada ostvaren.

Specifikacija uvjeta ostvarenja apstraktnog pojma uključuje donošenje sudova o tome koji podatci su relevantni. To su „sudovi relevantnosti“. Razlike sudova relevantnosti vodit će razlikama konkretnih modela fenomena. Ali ti sudovi nisu empirijski. Oni su normativni sudovi i kroz njih su norme i vrijednosti uneseni u postupak modeliranja. (Peschard i van Fraassen, 2013:4)

4.4.4. Što vodi proces konkretizacije: Uloga sudova relevantnosti u društvenim znanostima

Peschard i van Fraassen navode nekoliko primjera uloge sudova relevantnosti u društvenim znanostima. Prvi primjer je proučavanje silovanja. Tim primjerom je J. Dupré htio ilustrirati ulogu vrijednosti u znanosti. Treba li silovanje unutar braka biti smatrano podatkom koji treba sakupiti za istraživanje tvrdnje o silovanju. Sud da silovanje obuhvaća ili ne obuhvaća spolno nasilje u braku nije samo empirijski sud. To je sud relevantnosti. Silovanje je apstraktni pojam. Da bismo ga mogli proučavati moramo specificirati vrstu uvjeta u kojima će se sakupljati podatci o silovanjima. To je specificiranje vrste PPP koja može proizvesti podatke koje se može upotrijebiti za testiranje tvrdnji koje upotrebljavaju taj pojam. (Dupré, 2004: 505-514)

4.4.5. Uloga sudova relevantnosti u prirodnim znanostima

Sudovi relevantnosti imaju funkciju i u prirodnim znanostima. Neurofiziološko proučavanje ponašanja vidnih stanica i njihovog takozvanog receptivnog polja pruža takav primjer. Klasično eksperimentalno proučavanje odgovora vidnih stanica uobičajeno se provodilo u umjetnom okolišu na anestetiziranoj životinji i s izoliranim svjetlosnim

podražajima da bi se snimilo odgovor vidnih stanica na svjetlosne podražaje različitih oblika smještene na raznim položajima u vidnom polju. U suvremenom se istraživanju, dakle, sve više i više smatra da je kompleksnost prirodnog okoliša, za razliku od umjetnih uvjeta izoliranih podražaja, bitna za ponašanje vidnih stanica. Vidne stanice, navodi se, prilagođene su i evolucijom i razvojnim procesima tipu signala kojemu su prirodno izloženi.

Novija istraživanja ponašanja vidnih stanica i receptivnog polja koriste se kompjutorskim metodama i robotima. Komputacijski pristup je utemeljen na kompjutorskoj metafori za koju kognitivni sustav pasivno prima djeliće informacije. Robotski pristup je utemeljen i motiviran „enaktivističkom“ metaforom u kojoj je kognitivni sustav utjelovljen i usađen u okolišu, dok djelovanje i percepcija oblikuju i ograničavaju jedno drugo. „Usvajanje metafore nije empirijski sud. To je ono što možemo nazvati 'normativnom perspektivom' u smislu da naglašava što je važno za kognitivnu djelatnost, što treba biti istraženo, koje vrste izvedbi su najreprezentativnije, koje vrste komponenti trebaju biti dio prikaza kognicije. Koji će čimbenici imati uzročni učinak na aktivnost vidnih stanica, ne mijenja se ovisno o tome za kojom se metaforom povodi istraživanje. Ono što se mijenja jest to koji su čimbenici relevantni, tj. oni trebaju biti uzeti u obzir te razjašnjen njihov učinak pomoću modela receptivnog polja.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:8-9)

4.4.6. Relevantnost vs. pluralnost i idealizacija

Tvrdnje o silovanju, nasilju, društvenoj pokretljivosti ili receptivnom polju se razlikuju od tvrdnji o konkretnim modelima. Dok konkretni modeli specificiraju po sebi i u sebi vrstu PPP prikladnu za njihovo testiranje, tvrdnje o silovanju, nasilju, društvenoj mobilnosti ili receptivnom polju to ne čine. „Potrebni su neki ne-empirijski sudovi o tome koje vrste podataka su relevantne i koje su vrste postupaka proizvodnje podataka koje ih mogu proizvesti. One koje se smatra relevantnima su one kojima će se koristiti da vode, uobličuju i ograničavaju konstrukciju konkretnih modela.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:9)

4.4.7. Relevantnost i idealizacija

Sudovi relevantnosti nisu samo empirijski. Peschard i van Fraassen drže da ima drugih razloga koji doprinose izboru nekih podataka i čimbenika kao relevantnih za konstruiranje konkretnog modela. Sličan pogled predložio je M. Weisberg na osnovi distinkcije među različitim željama koje mogu upravljati praksom modeliranja. Prema Weisbergovu prikazu,

potreba za izborom relevantnih faktora proizvest će napetost između dvaju ideala za koje se može smatrati da upravljaju konstruiranjem modela: ideal preciznosti ili potpunosti i ideal općenitosti. (Weisberg, 2006, 2007) Ideal potpunosti je postići reprezentaciju koja bi uključivala sve čimbenike koji su sposobni, načelno, uzročno pridonijeti evoluciji količine koja nas zanima. „Potpunost, međutim, prijeti gubitkom smisla modela: naša kognitivna ograničenja učinit će nas nesposobnim da potpuno shvatimo modele zbog njihove kompleksnosti te zbog manjka općenitosti tih modela.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:11) Takvi modeli, piše Weisberg, „su skrojeni za veoma specifične fenomene. Oni često ne uopćavaju dalje od pojedinačnog fenomena“. (Weisberg, 2006:632) Na vrhuncu potpunosti model oprimjeruje samo pojedinačan fenomen.

Alternativna strategija modeliranja je, prema Weisbergu, strategija idealizacije: „Više ni ne težimo proizvodnji kompletnih modela. Kad izrađujemo model nekog fenomena nastojimo uključiti najvažnije ili *najrelevantnije* aspekte koji ovise o interesima teoretičara.“ (Weisberg, 2006:633; kurziv dodan) Prema Weisbergovu prikazu, modelari će konstruirati različite modele birajući različite čimbenike koje treba uzeti u obzir, a osnova za te različite selekcije je usvajanje različitih želja. Općenitost, preciznost te predviđanje su tri želje koje upravljaju praksom modeliranja i čije maksimalno zadovoljenje upravlja postupkom idealizacije.

Weisberg identificira važan izvor pluralnosti modela i u nekom smislu pluralnost dolazi od razlike u sudovima važnosti. To nije vrsta sudova važnosti na koju su se usredotočili Peschard i van Fraassen. Prema Weisbergovom prikazu, svrha procesa modeliranja je razjasniti određeni učinak. Pretpostavljajući tu svrhu, bit će raznih načina da ga se postigne tako da modeli maksimalno zadovoljavaju različite želje. (Peschard i van Fraassen, 2013:13)

Nasuprot tome, sudovi važnosti o kojima se ovdje raspravlja su sudovi o tome koji čimbenici i koji *podatci* su važni. Peschard i van Fraassen misle da Weisberga kod modeliranja zanimaju sudovi važnosti koji se odnose na želje. Njih zanima druga vrsta sudova važnosti, ona koja se odnosi na podatke. Zajednička im je važnost sudova važnosti. Izvor pluralnosti na koju su se usmjerili Peschard i van Fraassen je lociran ranije u procesu konstrukcije modela, prije dobro definiranog učinka koji treba razjasniti. To je faza u procesu u kojoj se apstraktni pojmovi korišteni da bi se formuliralo problem, ili da bi se neodređeno referiralo na problem, moraju specificirati pomoću uvjeta realizacije. (Peschard i van Fraassen, 2013:11) Sudovi važnosti ne sudjeluju u toj specifikaciji.

Weisbergov oblik pluralnosti, pomoću različitih oblika idealizacije koji rezultiraju iz različitih interesa modelara, je možda više pragmatički nego epistemički. Nasuprot tome, prema pogledu koji zastupaju Peschard i van Fraassen, izbor različitih relevantnih čimbenika nije formulacija različitih načina reprezentiranja istog fenomena za različite svrhe. Prije, jednostavnije, taj izbor se sastoji u formulaciji koncepcije što proučavani fenomen jest. Da bi to objasnili Peschard i van Fraassen uvode distinkciju između lokalno i opće relevantnih čimbenika. (Peschard i van Fraassen, 2013:12)

4.4.8. Opća vs. lokalna relevantnost

Uzročno-učinski faktori uključuju relevantne i one ne-relevantne. „Faktori koji su uzročno-učinski, ali nisu relevantni, mogu interferirati i zato njihova djelovanja trebaju biti neutralizirana.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:13) Nasuprot tome, relevantni faktori su oni koji trebaju biti prikazani pomoću modela.

No, eksperimentalni sustavi mogu biti izgrađeni tako da istražuju samo neke iz skupa opće relevantnih čimbenika. Opće relevantne čimbenike koje takav eksperimentalni sustav ne istražuje može se smatrati *lokalno* ne-relevantnim.

„Distinkcija između opće i lokalne relevantnosti potrebna je da bi se razjasnilo činjenicu da se različite eksperimentalne sustave može dizajnirati i upotrebljavati da bi se odvojeno istraživalo efekte različitih relevantnih faktora. Dok opće relevantni faktori oblikuju dimenzije totalnog prostora u kojem se fenomen koji se proučava razvija, *prostor opće relevantnosti*, lokalno relevantni faktori su oni među opće relevantnim faktorima koje se stvarno proučava u zadanom eksperimentalnom kontekstu. Birati skup lokalno relevantnih parametara unutar skupa opće relevantnih faktora znači birati *pod-prostor* prostora u kojem se fenomen razvija. Takav pod-prostor je, preciznije, karakteriziran fiksiranim vrijednostima opće relevantnih faktora koje se ne istražuje, to znači, lokalno ne-relevantnih faktora.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:13)

Dva postupka proizvodnje podataka isključivat će jedan drugog ako nisu locirani unutar istog prostora opće relevantnosti. „Suprotna situacija se događa kad su dva postupka proizvodnje podataka komplementarna, a njihovi rezultati mogu biti ujedinjeni da bi oblikovali bogatiju reprezentaciju fenomena. To se događa onda kad ti postupci istražuju različite dobro specificirane pod-prostore istog prostora opće relevantnosti.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:14)

4.4.9. Normativni karakter relevantnosti

Može li, onda, fokusiranje na modeliranje u znanstvenoj praksi pomoći da se drukčije procijeni uloga znanstvenih normi i vrijednosti? Ne ako se usredotočimo samo na konkretne modele.

No, modeliranje se ne sastoji samo od testiranja konkretnih modela. Peschard i van Fraassen se fokusiraju na konstruiranje modela koje se provodi zajedno s eksperimentiranjem, ono što su nazvali „eksperimentalnim modeliranjem“. „Cilj eksperimentalnog modeliranja nije samo proizvesti konkretni model. Kad istraživanje kreće s apstraktnim pojmom fenomena koji se proučava, eksperimentalno modeliranje se također sastoji, dijelom, u specificiranju vrste uvjeta u kojima je pojam ostvaren te tako specificiranjem koja vrsta podataka je relevantna kod tretiranja modela fenomena.“ (Peschard i van Fraassen, 2013:14)

„Silazak“ od apstraktnog prema konkretnom je suprotan „usponu ljestvama apstrakcije“. Tako je uspon olakšan poznavanjem normi silaska. Cartwright ne tematizira tu simetriju, premda se Peschard i van Fraassen služe upravo njezinom idejom odnosa apstraktnog i konkretnog. Van Fraassen od 2008. odustaje od klasičnog semantičkog pogleda. On preko teme važnosti normativnosti u znanosti ulazi u problem modeliranja.

4.5. Modelski organizmi kao paradigma modeliranja

Kako biologija sve više postaje paradigmatička znanost tako tzv. modelski organizmi postaju tipični modeli. S time se slaže i Cartwright, barem u jednom važnom smislu, a to je da su modeli često predmet eksperimentalnog istraživanja. Priroda, sve češće, nije neposredni predmet znanstvenog istraživanja. To je očigledno kod modelskih organizama, ali i kod drugih modela, kaže Cartwright te dodaje da je to još jedan pogled na modele koji se oslobađa od nepotrebnih metafizičkih prizvuka. Također, kaže da je teško učiti od modela osim eksperimentiranjem na njima. Eksperimentiramo na modelima, a ne na stvarnosti. (Hartmann et al. (ur.), 2008:391)

Modelski organizam je živa vrsta koju se intenzivno proučava da bi se postiglo razumijevanje nekog biološkog fenomena uz očekivanje da će otkrića o modelskom organizmu dati uvid u mehanizme drugih organizama. Modelski organizmi su *in vivo* modeli, a široko se upotrebljavaju u istraživanju ljudskih bolesti u slučajevima kad bi

eksperimentiranje na ljudima bilo nepraktično ili neetično. Ova strategija je moguća zahvaljujući zajedničkom porijeklu svih živih organizama i očuvanju metaboličkih i razvojnih puteva te genetičkog materijala tijekom evolucije. Proučavanje modelskih organizama može biti informativno, no ekstrapoliranje s jedne vrste na drugu treba provesti pažljivo. Modelske organizme izabire se tako da dobiveni podatci mogu poslužiti kao primjer drugih organizama ili prirodnih fenomena koje je teže neposredno proučavati. Modelske organizme se bira tako da budu prikladni za eksperimentalno manipuliranje. Najpoznatiji primjeri modelskih organizama su miš, voćna mušica, bakterija *Escherichia coli*, crv *Caenorhabditis elegans*, kvasac *Saccharomyces cerevisiae* i biljka *Arabidopsis thaliana*.

Ograničenje vrsta modelskih organizama omogućuje fokusiranje, razvijaju se instrumenti i procedure. Modelski organizmi postaju tako modeli za druge organizme. Objašnjenje u biologiji se gotovo uvijek postiže direktnom intervencijom na modelima fenomena koji treba objasniti. Nije poučno samo manipuliranje, nego i modeliranje.

U izlaganju o važnosti modeliranja treba spomenuti modelske organizme za koje se tvrdi da su paradigma suvremenog znanstvenog modeliranja. Modelski organizmi čine glavninu modela u suvremenoj biologiji koja je postala paradigmatična znanost. Kao što kaže J. Dupré: „Biologija je zasigurno znanost koja se obraća onome što nas kao biološka bića najviše zanima i ako ona ne može poslužiti kao paradigma znanosti, onda znanost i nije tako zanimljiva kao što se misli.“ (Dupré, 1993:1) Modelski organizmi nisu modeli u uvriježenom smislu. Nasuprot idealiziranim reprezentacijskim modelima kakvi su tipični u povijesti egzaktnih znanosti, modelski organizmi zadržavaju svoju autonomiju i specifičnost. Njihova specifičnost više je prednost nego što je problem. Rječnikom M. Hesse bi se reklo da modelski organizmi imaju neograničenu količinu neutralnih analogija koje mogu postati izvor novih spoznaja. J. Hubbard to zove „nepredvidljivom relevantnošću“. (Creager et al. (ur.), 2007:7) Potraga za znanjem organizirana je oko egzemplara, a ne oko fundamentalnih zakona. Čini se da u biologiji nema fundamentalnih („high-level“) zakona. Modelski organizam se upotrebljava da bi se dobilo „duboko razumijevanje“ biološkog problema. (Creager et al. (ur.), 2007:60) Iako su modelski organizmi standardizirani da bi se olakšalo vrlo kontrolirane biološke eksperimente, njihova inherentna kompleksnost znači da se modelske organizme nikad ne razumije potpuno te da oni mogu stvarati iznenađujuće rezultate. I u medicinskom kao i u biološkom zaključivanju pomoću modelskih organizama kompleksnost, kompletnost i „prirodnost“ se žrtvuje u korist selektivnog konstruiranja (modeliranja) materijala s kojim se može rukovati i okvira unutar kojeg znanstvenici mogu raditi te postavljati pitanja. Rad s

modelskim organizmom iziskuje interakciju između modela i procesa kojeg se modelira uključujući i konstruiranje odnosa sličnosti kojeg je nemoguće pronaći bez detaljnog opisa procesa kojeg se modelira. Zaključivanje pomoću modela je epistemički proces koji nije izravan jer ne proizvodi, u klasičnom smislu, teorije. Umjesto toga, stvara se znanstveno razumijevanje koje se stalno razvija. Ono je nepotpuno i nesigurno, ali za biologe ipak ima status znanja. Znanstveni rad s modelskim organizmima je modeliranje bez teorije. Istraživanja u biologiji su mješavina konceptualnog i materijalnog rada. Modelske organizme se modelira. R. Ankeny ide dotle da tvrdi da su modelski organizmi fikcija. (Suárez (ur.), 2009:193-204)

E. F. Keller kaže da s obzirom na *zagonetku života*: „odgovor nije indukcija nego produkcija, ne analiza nego sinteza.“ (Keller, 2002:18) Kao što kaže J. Loeb: „ili moramo uspjeti proizvesti umjetni život, ili moramo pronaći razloge zašto je to nemoguće“. Ovdje se, dakako, povezuje pitanje o naravi života s pitanjem o njegovu podrijetlu. Povezivanje razumijevanja i konstruiranja u biologiji može biti primjer za takvo povezivanje inače u znanosti, na modeliranje kao razumijevanje.

Fizičari žele univerzalnu teoriju. No, što ujedinjuje epistemološke aspiracije biologa tako da se može reći da dijele jedinstveno područje? Može se reći da oni ne dijele s fizičarima potrebu za obuhvatnom teorijom života. Biološka objašnjenja su provizorna i parcijalna, jer se biologija tradicionalno bavila više raznolikošću nego jedinstvom života. Modeli u biologiji su raznoliki zbog raznih epistemičkih ciljeva. Kako pristupiti epistemičkoj važnosti takve raznolikosti? Izgleda da se filozofi biologije slažu oko toga da modeli (bilo materijalni, bilo teorijski) služe razumijevanju, a ono je, očito, pojam koji je u biologiji još važniji nego u drugim znanostima. I razvoj biologije doprinosi obnovi tog pojma.

Rečeno je da modelski organizmi ostaju trajno dijelom nerazumljivi. Ipak su dijelom razumljivi i tu pomaže znanje modeliranja, povijest modeliranja, kako smo i zašto došli do baš takvih sojeva, do baš takvih svojstava. U tom smislu su ne-galilejevske idealizacije slične modelskim organizmima. Kako priča o modelskim organizmima podupire naglasak na modeliranju? Model koji se još istražuje, koji još nije primijenjen kao alat, još se modelira. To istraživanje je modeliranje. Modelski organizam je stalno u fazi modeliranja. Nikada nije gotovi model ili sam model. Kod modelskih organizama nisu važni modeli (modeli se mijenjaju, modelski organizmi ostaju). Važni su modelski organizmi, cijelo znanje oko njih, vještina. A tako je i s drugim modelima i modeliranjem.

U kojem smislu su svi modeli kao modelski organizmi? Često se modelske organizme proučava, a da se nema na umu čega bi oni imali biti reprezentacija, a to se (sve više) događa i s drugim modelima.

4.6. Razmjene u modeliranju

O razmjenama u modeliranju pišu J. Matthewson i M. Weisberg. Oni primjećuju da „unatoč najvećim naporima, znanstvenici mogu biti nesposobni da konstruiraju modele koji su istovremeno primjer svih teorijskih vrlina. Jedno objašnjenje je postojanje razmjena (*tradeoff*)“ (Matthewson i Weisberg, 2008:1)

Oni upotrebljavaju podjelu R. Levinsa koji tvrdi da postoje tri vrste razmjena kod modeliranja: općenitost, realizam i preciznost. Zato i ima tako mnogo modela u znanostima koje se bave kompleksnim sustavima (kao što je biologija) jer se upotrebljavaju različite razmjene, ovisno o teorijskim ciljevima. Doduše, postoje i kritike trovrsnih razmjena (Weisberg, 2006) i čak sumnje u postojanje razmjena općenito (Orzack i Sober, 1993; Orzack 2005). U novoj literaturi razmjene mogu biti: psihološke, pragmatičke (Odenbaugh, 2003) ili rezultat logike reprezentacije (Weisberg, 2004).

Razmjene su u odnosu oslabljenja između dva ili više atributa modeliranja ili kako ih Levins zove poželjnosti modeliranja.

Jednostavno oslabljenje nastupa kad pojačavanje jednog atributa modeliranja čini težim, ali ne nemogućim pojačavanje drugog atributa. Stroga razmjena (*s-razmjena*) je kad pojačavanje jednog atributa nužno rezultira u slabljenju drugog i obrnuto. Dalje imamo razmjenu porasta (*i-razmjena*). To je kad pojačanje jednog atributa rezultira time da se drugi atribut ne može pojačati.

Matthewson i Weisberg napominju da su izabrali općenitost i preciznost kao atribute poželjnosti za razmjene među ostalim i zato što ti atributi imaju veze s nekim od „širih ciljeva teorijske prakse kao što su deskriptivna širina, otkriće sličnosti među dispartnim sustavima i povećana eksplanatorna snaga.“ (Matthewson i Weisberg, 2008:11)

Weisberg uvodi razlikovanje između posredne i neposredne reprezentacije fenomena. Primjer neposredne reprezentacije je Mendeljejev periodički sustav elemenata. Weisberg tvrdi da on nije model. Iako je samo klasifikacija taj sustav je ipak teorija sa svim njezinim

svojstvima: ujedinjuje, predviđa i daje okvir objašnjenjima. Nasuprot takvoj neposrednoj posredna reprezentacija jest modeliranje. Da bi modeli mogli ostvariti različite ciljeve, znanstvenici u modeliranju moraju donositi neke odluke. To su među ostalim i odluke o razmjenama. Analiza razmjena i okolnosti u kojima se one pojavljuju mogu pomoći filozofima u razumijevanju znanstvenih modela.

4.7. Predlošci kao elementi modeliranja

Ideja o važnosti pojma modeliranja bolje objašnjava upotrebu predložaka u praksi znanosti. Koju jedinicu analize je najbolje upotrebljavati kad razmišljamo o tome kako se znanstveno znanje primjenjuje na svijet? U povijesti su najpopularniji izbor bile teorije. Izbor jedinice analize utječe na to kako doživljavamo ustrojstvo znanosti. Teorija i još obuhvatnije jedinice (istraživački program, paradigma) pretpostavljaju pozadinsku ontološku hijerarhiju zasnovanu na mereološkoj inkluziji predmeta jedne teorije unutar predmeta druge. Međutim, istim matematičkim modelima može se koristiti na raznim znanstvenim predmetima. To svojstvo modela ima značajne posljedice za organizaciju znanosti te sugerira reorganizaciju koja nije samo hipotetska jer se već događa u nekim intenzivnije proračunskim područjima modeliranja. P. Humphreys objašnjava zašto teorije i šire jedinice nisu dobre jedinice analize. Radi se o tome da su teorije specifične u odnosu na svoj predmet. (Humphreys, 2002)

Jedna vrsta matematičkih modela daje dobar primjer za te tvrdnje. To su *proračunski modeli (computational models)*. U srži proračunskog modela nalazi se proračunski *predložak (template)*. Proračunski predlošci su česti u matematički formuliranim znanostima i često se pojavljuju na prilično apstraktnom nivou pa trebaju specifikaciju slobodnih parametara prije nego što ih se može primijeniti.

Proračunski predložak ima neka karakteristična svojstva. Njegova proračunska svojstva obično bitno ovise o određenoj sintaktičkoj formulaciji. To je zato što je glavni razlog za odabir određenog proračunskog modela proračunska rješivost. Važnost sintakse za primjenu, a posebno za proračunsku rješivost je nešto što semantički prikaz teorija ne može obuhvatiti. To je zbog toga što semantički pogled apstrahira određenu sintaktičku reprezentaciju te identificira teoriju s pozadinskom apstraktnom strukturom. Takav pristup je suprotan onome što se radi kada se primjenjuje proračunske modele. Humphreys lapidarno zaključuje: „Sintaksa je važna“. (Humphreys, 2002:3)

Ključno svojstvo proračunskih modela je sposobnost primjene u različitim znanstvenim područjima. To je pogotovo korisno u znanostima orijentiranim kvantitativno. U fizici je praktično da se veliko mnoštvo fenomena može modelirati sa samo tri fundamentalne vrste parcijalnih diferencijalnih jednadžbi. Ta fleksibilnost navodi na drukčiju organizaciju znanosti. Umjesto ontološke hijerarhije zasnovane na mereologiji koja nam daje uobičajeni poredak prirodnih znanosti od fizike preko kemije do biologije, moguće je znanstvenu djelatnost grupirati oko proračunskih predložaka kojima se koristi. Slično piše W. Karplus o inženjerskim znanostima. „Pokazuje se da jednadžbe za većinu praktičnih inženjerskih problema imaju pet ili šest karakterističnih oblika. Čini se logičnim da se inženjerske praktične probleme klasificira prema oblicima karakterističnih jednadžbi te da se metodu rješenja svake kategorije razmatra kao cjelinu.“ (Karplus, 1959:11)

To regrupiranje je ubrzano kompjutorskim rješavanjem proračunskih predložaka. To se događa zato što su mnogi uobičajeni predlošci rješivi samo u vrlo posebnim situacijama. „Zbog svih tih razloga treba uzeti ozbiljno ideju da proračunski predlošci mogu poslužiti kao osnovna organizacijska jedinica znanstvenog istraživanja.“ (Humphreys, 2002:5)

Proračunske predloške može se smatrati „crnim kutijama“, alatima „s police“ kojima se može koristiti kako god se smatra prikladnim. Takva vrsta upotrebe je česta, ali metodološki je važnija upotreba predložaka kad se uzme u obzir njihovo konstruiranje. Svi proračunski predlošci su konstruirani, ali kad im primjena postane rutinska, konstruiranje ostaje skriveno. Konstruiranje uključuje matematičke aproksimacije, idealizacije, ograničenja (koja uključuju početne i granične uvjete te zakone) i apstrakcije s ciljem proračunske rješivosti predloška. Te idealizacije, apstrakcije, ograničenja i aproksimacije su, prema Humphreysu, „konstrukcijske pretpostavke“.

Druga glavna komponenta proračunskog modela koju se obično formulira tijekom procesa konstruiranja, ali se tada ne koristi, je njegov „korekcijski skup“. Za razliku od proračunskog predloška kod kojeg je primarna rješivost, cilj korekcijskog skupa je pristup istini. Njegove glavne komponente su: 1. relaksacija idealizacije (npr. pomak od stajališta da je Sunce savršena kugla do stajališta da je spljošteni sferoid), 2. relaksacija apstrakcije (npr. dodavanje prethodno izostavljenih varijabli predlošku), 3. relaksacija ograničenja (npr. pomak od vodiča unutar kojeg je toplina sačuvana prema onome u kojemu toplina prelazi njegove granice) i 4. rafiniranje aproksimacija (npr. reduciranje veličine rešetke u „aproksimacijama ograničene razlike“ prema kontinuiranim modelima).

Proces konstruiranja, uključujući konstrukcijske pretpostavke zajedno s korekcijskim skupom, vodi prema tri osobita svojstva proračunskog modeliranja. To su:

A) Proces konstruiranja omogućuje ranije opravdanje modela i prije nego što je testiran na podacima. Umjesto da je model samo hipotetski, postoje razlozi, premda su ti razlozi modulirani korekcijskim skupom, za usvajanje raznih pretpostavki koje ulaze u konstruiranje modela. Opravdanje može doći iz raznih izvora: o mediju se može znati da je diskretan na osnovi neovisnih istraživanja, termini linearnog trenja u laminarnom tijeku tekućine mogu biti empirijski određena generalizacija, razmaci rešetke mogu biti eksperimentalno izmjereni.

B) Model dolazi s interpretacijama. Te interpretacije ne može se „zguliti“ i goli formalizam reinterpretirati zato što su to originalne interpretacije koja podupiru spomenuto opravdanje. Zbog toga što se istim proračunskim predloškom može koristiti za modeliranje više različitih tipova sustava, a ti sustavi mogu biti iz vrlo različitih područja znanosti, dakako da postoje reinterpretacije formalizma. Ali te reinterpretacije ne mogu legitimirati upotrebu predložaka za specifični sustav na kojem je primijenjen. Štoviše, drugi, sintaktički izomorfni, predlošci s različitim interpretacijama nisu reinterpretacije istog modela, nego su potpuno drugi proračunski modeli.

C) Konstrukcijski proces i korekcijski skup obično prema komponentama sintaktičkog predloška nalažu selektivni realizam. Umjesto očitavanja realističkih obveza iz sintakse, korisnik predloška će, obično na osnovi toga koje konstruiranje je korišteno, odabrati realističke obveze. Korisnik često unaprijed zna koji dijelovi njegovog modela su fiktivni, a koje dijelove treba držati realističnima.

Naglašavanje važnosti rješivosti unutar tih proračunskih modela nije usvajanje instrumentalizma. Takvi modeli su gotovo uvijek neistiniti zbog prisutnosti korekcijskog skupa. Prihvatanjem njihove neistinitosti već smo odbacili instrumentalističku interpretaciju. Štoviše, dijelovi modela su često istiniti, a neki od termina referiraju. „Zbog toga treba biti selektivni realist.“ (Humphreys, 2002:7) Iz navedenog se daje zaključiti: 1. Selektivni realizam utemeljen je u modeliranju. 2. To je na tragu Hackingova „eksperimentalnog realizma“. 3. Selektivni realizam je važan jer nam je potrebna (i korisna) neka vrsta realizma. Na tragu toga Cartwright vjeruje – „ima obveze“ – u teorijske entitete. Taj realizam nije u samom „reinterpretiranom“ modelu, on je u konstruiranju modela.

Hipotetiko-deduktivist može reći da je modeliranje dedukcijski proces iz osnovnih principa te da su jednadžbe koje na početku biramo ovisne o dedukcijskoj konstrukciji. To je točno, ali nije dovoljno. Konvencionalisti drže da netočna predviđanja ostavljaju, logički, sve otvorenim za reviziju te da samo pragmatički razlozi motiviraju odluku. To je, u većini situacija, nedovoljan opis situacije. „Modelari obično imaju prilično rafinirani osjećaj o tome koje su komponente unesene u model dobro opravdane, a koje nisu. Oni obično imaju, i prije testiranja, jasnu ideju o tome koje će dijelove konstrukcije prve trebati revidirati ako model ne uspije dati točna predviđanja.“ (Humphreys, 2002:9) To je bit korekcijskog skupa. Selektivno ciljamo dijelove procesa konstruiranja koji trebaju biti revidirani, a to ovisi o poznavanju znanstvenog predmeta. Revizije će za potpuno istu jednadžbu trebati imati različiti oblik kad je predložak temeljen na različitom procesu konstruiranja zato što će određeni proces konstruiranja biti izabran na temelju pozadinske ontologije sustava.

Posljednja komponenta proračunskog modela je „reprezentacija rezultata“. Ona će se neki put sastojati od ustaljenih propozicijskih formi, ali uobičajene su i često preporučljive vizualizacije.

„Sekstet“ proračunskog predloška, pretpostavki konstruiranja, korekcijskog skupa, interpretacije, početnog opravdanja i reprezentacije rezultata sačinjava proračunski model koji može biti samostalni predmet proučavanja. Znanje je sadržano u cijelom sekstetu, a ne samo u aksiomatski formuliranoj teoriji.

Ima li primjena modela koje su nespecifične za predmet? Ne ako model ima svrhu predviđanja. Indukcija sama je specifična za predmet. Treba imati konkretnu informaciju o stalnosti uvjeta proizvodnje podataka da bi se moglo koristiti induktivnim zaključivanjem, a ta stalnost zahtijeva poznavanje predmeta. Korekcijski skup je također uvijek ovisan o predmetu pa je tako, unatoč fleksibilnosti, i sam predložak. To je tako djelomično zbog neodvojivosti predloška i njegove interpretacije, a djelomično zbog povezanosti konstruiranja predloška i korekcijskog skupa.

Humphreys ukazuje na važnost poznavanja pretpostavki unesenih u model. Modelar mora znati koje unesene pretpostavke su realistične, a koje su fikcijske. Tu temu istražuje i M. Boumans.

4.8. Ugrađeno opravdanje

Cartwright teorije smješta u „kutiju za alat“. O tome koji su drugi alati u kutiji Cartwright malo govori. O „elementima“ koje se konstruiranjem ugrađuje u model eksplicitnije od Cartwright govori M. Boumans. (Boumans, 1999)

U nekim prikazima modela dominira pogled s ovim karakteristikama: prvo, postoji jasna distinkcija teorija modela i podataka; drugo, empirijska procjena događa se nakon što je model izgrađen. Drugim riječima, konteksti otkrića i opravdanja su odvojeni. Čak i M. Morgan kojoj je M. Boumans blizak govori o „fondu“ empirijskih modela iz kojeg se može izabrati model koji će najbolje odgovarati. (Morgan, 1988) Boumans pak tvrdi da modeli, da bi mogli zadovoljiti implicitne kriterije adekvatnosti kao što su teorijski, matematički i statistički uvjeti, moraju integrirati dovoljno elemenata koji će zadovoljiti te kriterije. Ti elementi uključuju, osim teorije, matematiku, metafore i podatke. Prema Boumansu, kontekst otkrića je uspješno integriranje tih elemenata da bi se zadovoljilo kriterije adekvatnosti. Zato što su neki elementi empirijski podatci i činjenice, opravdanje može biti ugrađeno u model. (Boumans, 1999:66-67) Da bi razjasnio proces integracije, Boumans uspoređuje modeliranje s pečenjem kolača. Kako ispeći kolač ako se nema recept? Dakako, ne počinje se ni od čega. Posjeduje se neko znanje o, npr., pečenju palačinki i zna se glavne sastojke: brašno, šećer i mlijeko. Također se zna kako bi kolač trebao izgledati i kakvog bi okusa trebao biti. Započinje se proces pokušaja i pogrešaka dok se ne dobije ono što bi se moglo nazvati kolačem: boja i okus zadovoljavaju. Karakteristika rezultata je da se više ne može razlikovati sastojke. Modeliranje je kao pečenje kolača bez recepta. Sastojci su teorijske ideje, matematika, metafore i empirijske činjenice. Svaki model ima drugi recept i drukčije sastojke. Integriranje novih sastojaka zahtijeva novi recept. Ipak on nije jedinstven jer nije jedini način da se integriraju sastojci.

Važan element modeliranja je matematičko „kalupljenje“ (*moulding*). To je oblikovanje sastojaka u takvom matematičkom obliku koji omogućuje integraciju, a sastoji se od dva elementa: prvi je element kalupljenje sastojka matematičkog formalizma tako da dopušta integriranje drugih elemenata; drugi je element kalibriranje, izbor vrijednosti parametara, ponovno zbog integriranja svih sastojaka. (Boumans, 1999:90)

Modeliranje je integriranje više sastojaka tako da rezultat – model – zadovoljava određene apriorne kriterije kvalitete. Zbog toga što su neki od sastojaka upravo podatci koje

bi model trebao objasniti, opravdanje je ugrađeno. Takav prikaz donekle odudara od simulakrumskog prikaza modeliranja Cartwright. Ona pokušava premostiti jaz između teorija i fenomena. Teorija ne opisuje fenomen pouzdano, za to nam je potreban model. Nastojanje da model bude što je više moguće realističan može biti smetnja objašnjenju fenomena. Zbog toga Cartwright uvodi „anti-realistički“ prikaz modela. Modeli su *simulakra*. Dijelom se sastoje od izvornih svojstava modeliranih predmeta, a dijelom od svojstava pogodnosti koja su fikcija. Svojstva pogodnosti su uvedena da bi se modelirani predmet dovelo u djelokrug teorije. Glavna razlika između tog pristupa i onog Boumansa je da pristup Cartwright zamišlja model kao sredstvo premoštenja jaza između teorije i podataka, dok prema Boumansovom pristupu model integrira širi opseg sastojaka, a ne samo teoriju i podatke. Kad Cartwright govori o modelima, ona pretpostavlja da teorija već daje matematički okvir. Dotle je za Boumansa uvođenje svojstava pogodnosti samo poseban slučaj matematičkog ukalupljenja.

Prikazi ekonomskih modela koje Boumans obrađuje kao studije slučaja sugeriraju da njihovi autori drže da je opravdanje njihovih modela odvojeno od procesa modeliranja. Boumans smatra da takvo prikazivanje skriva stvarni proces izgradnje modela koji više slični na metodu pokušaja i pogrešaka sve dok svi sastojci, uključujući empirijske činjenice, nisu integrirani. Drugim riječima, opravdanje ne dolazi naknadno, nego je ugrađeno. (Boumans, 1999:95)

Novi pogled na kontekst opravdanja govori u prilog fokusiranju na modeliranje. Boumans razvija ideju Cartwright o alatima i „elementima“ koji se u modeliranju ugrađuju u „model“. On također razvija i ideje Hackinga (komplementarne idejama Cartwright) o „lokalnom realizmu“ znanstvene prakse. Empirijski elementi modeliranja unose opravdanje (u model). Tako uneseno opravdanje čini nejasnim prigovore da se filozofija znanosti ne može baviti modeliranjem. Možda se ne može baviti strogo formalnom logikom modeliranja, ali se može baviti racionalnošću modeliranja.

Postoji opasnost da se modeliranje smjesti u kontekst otkrića da bi se moglo reći da se filozofija znanosti ne može baviti modeliranjem, da nema logike modeliranja. Možda nema logike, ali ima racionalnosti modeliranja. A to može biti tema filozofije znanosti. Danas se rijetko govori o dihotomiji između konteksta otkrića i konteksta opravdanja, ali ta je ideja još prisutna u koncepciji sadržaja, domene i ciljeva filozofije znanosti. Kontekst otkrića je, prema Reichenbachu, jedini dio znanstvene prakse koji je epistemološki relevantan i otvoren filozofskim - iz perspektive logičkog empirizma: logičkim - rekonstrukcijama. Kritičari takve podjele, od Hansona i Kuhna na dalje, tvrde da je ta razlika nejasna. Nedostaju nam kriteriji

da bismo jasno odvojili one elemente znanstvene prakse koji pripadaju otkriću od onih koji pripadaju opravdanju. Neki autori drže da postoji i „srednja faza“ stvaranja znanja u kojoj su uključeni elementi opravdanja.

Neobično je gledati na kategoriju opravdanja kao na jednu stranu stabilne dihotomije između opravdanja i otkrića, opravdanja i eksperimenta ili opravdanja i konstruiranja teorije (ili modela). Opravdanje nije „drugo“ ni suprotno konstruiranju teorije, eksperimentiranju ili otkriću, nego je integralni dio proširenog procesa stvaranja znanja i to treba uzeti u obzir u rekonstrukcijama. Otkriće je produžena aktivnost koja uključuje stvaranje znanja i fiksiranje tvrdnji o znanju. Stvaranje i fiksiranje su isprepleteni. Fiksiranje tvrdnji o znanju treba formulirati pomoću pojmova koji su stvoreni i stabilizirani procesom otkrića ili procesom konstruiranja modela. Distinkcija ometa razumijevanje procesa znanosti. Opravdanje treba stabilne pojmove. Tako opravdanje ovisi o konceptualnom okviru pa dakle i o praksi modeliranja kojom se ti pojmovi stabiliziraju. Procesom nastanka i stabiliziranja pojmova filozofija znanosti se nije puno bavila. Ne samo da pojmovi nastaju i stabiliziraju se procesom modeliranja, nego tragovi tog procesa ostaju u pojmovima. Nastanak pojmova ovisan je o izborima koji su tipični za određenu praksu. Izbori ovise o vrijednostima, normama, prešutnim znanjima i vještinama. Pojmovi zajedno s tragovima procesa svog nastanka i stabiliziranja postaju dio jezika znanosti i utječu na njegovu upotrebu. Da bi se razumjelo upotrebu znanstvenog jezika, potrebno je poznavati povijest odluka koje su dovele do njegovih pojmova. Tako se može uočiti i inercija u upotrebi jezika znanosti i vidjeti koliko su stari pojmovi još uvijek prikladni za modeliranje. Raniji procesi i odluke vezane uz njih su otvorili specifične perspektive, ali su u isto vrijeme isključili alternativne poglede. Opravdanje teorija nije neovisno o nastanku pojmova kojima se koristi. Izbori koji su doveli do nastanka i stabiliziranja novih pojmova imaju praktičnu dimenziju, npr. mogu biti potaknuti jednostavnošću manipuliranja modelima. Stvaranje hipoteza i konstruiranje teorija su procesi rješavanja problema te imaju mnogo faza od kojih svaka uključuje djelomično opravdanje. U svakoj fazi se nastoji zadovoljiti neka ograničenja koja stvara sam problem. Zadovoljavanje tih ograničenja daje parcijalno opravdanje rješenja problema.

4.9. Protiv teorija: Filozofija znanstvene prakse

U suvremenoj se filozofiji znanosti nastavlja skretanje pažnje s teorija na praksu (modeliranja).

Ništa u apstraktnoj strukturi teorije ne može samo po sebi odrediti da je to relevantan model podataka koji se treba slagati s teorijom. Neki model podataka je relevantan zato što je konstruiran na temelju rezultata sakupljenih na određeni način, izabranih pomoću određenih kriterija relevantnosti, u određenim prigodama, u praktičnom eksperimentalnom i opazajnom okruženju konstruiranom za tu svrhu. (Van Fraassen, 2008:253) To podsjeća na glavnu ideju epistemologije kreposti: da bi se neku informaciju ubrojilo u znanje, ključan je ne samo njezin sadržaj, nego i povijest njena dobivanja. (Van Fraassen, 2008:387f18)

Ponovimo kako je još prije četiri desetljeća F. Suppe mogao izjaviti da je „samo malo pretjerana tvrdnja da filozofija znanosti nije puno više od analize teorija i njihovih uloga u znanstvenom pothvatu“. (Suppe, 1977:3) Zaista, pojam teorije još je uvijek okvir za raspravu o mnogim temama suvremene filozofije znanosti. Problem realizma i instrumentalizma, naprimjer, se tipično razumije kao pitanje referiraju li termini u iskazima koji sačinjavaju znanstvene teorije na stvarne predmete ili samo imaju ulogu olakšavanja zaključivanja između tvrdnji o opažanjima. Redukcionizam, pak, ovisi o tome može li se iskaze jedne teorije deducirati na iskaze druge teorije. Slično, znanstvenu promjenu se može shvatiti kao zamjenu jedne teorije drugom.

Ideja da je analiza znanstvenih teorija u samom srcu filozofije znanosti je dio specifične interpretacije naravi znanosti. Začetnici „klasičnog pogleda“ na znanstvene teorije su „znanstveni filozofi“ R. Carnap i H. Reichenbach. Njihova je izvorna ideja bila upotrijebiti teoriju relativnosti i kvantnu mehaniku kao osnovu za analizu naravi prostora, vremena i uzročnosti. Te osnovne pojmove, tvrdili su oni, treba razumjeti znanstveno, analizom znanstvenih teorija. Ako su osnovni ontološki pojmovi pripali prirodnoj znanosti, što u tom slučaju ostaje filozofiji? Filozofija znanosti postaje logička analiza znanstvenih pojmova i teorija. Kao što kaže Carnap: „Filozofiju treba zamijeniti logikom znanosti – to znači, logičkom analizom pojmova i rečenica znanosti, jer logika znanosti nije ništa drugo do logička sintaksa jezika znanosti.“ (Carnap, [1937] 1949:xiii) To nije empirijski nego logički (analitički) zadatak. Ovdje „logička analiza“ ima specifično značenje. Pozadinu joj daju Hilbertova formalizacija geometrije, Peanova aksiomatizacija aritmetike te Russellov i

Whiteheadov pokušaj redukcije matematike na logiku. Tako se pretpostavljalo da bi, za potrebe filozofske analize, svaka znanstvena teorija trebala biti rekonstruirana kao aksiomatski sustav formuliran unutar okvira Russellove logike. Daljnju se analizu teorije može nastaviti kao logičko istraživanje njezine idealne logičke rekonstrukcije.

Mnogi filozofi znanosti danas se pitaju ima li uopće smisla stvaranje *filozofskih* rekonstrukcija znanstvenih teorija. Ako se filozofija znanosti fokusira na teorije, bolje bi bilo da to budu znanstvene verzije teorija na način kako ih vide sami znanstvenici. Ustvari, filozofija znanosti bi se trebala usmjeriti na cjelinu prakse znanosti u kojoj su teorije samo dio. Više nije potreban tehnički okvir za rekonstruiranje znanstvenih teorija, nego samo interpretacijski okvir u kojemu se govori o teorijama i njihovim raznim ulogama u praksi znanosti. Važno je razlikovati prikaze teorija koji fundamentalnim smatraju *modele* u odnosu na one koji fundamentalnim smatraju *iskaze*, a napose zakone. Čini se da ima malo, ili nimalo, univerzalnih iskaza za koje bi se moglo tvrditi da su istiniti, a koji bi mogli imati ulogu koju zakonima pripisuju klasični prikazi teorija. Umjesto toga, univerzalne generalizacije bi se moglo interpretirati kao dijelove definicija. Teorijski modeli bi tako mogli dati, iako samo pogodbom, ono o čemu teorijske definicije mogu biti istinite. Tako bi se većinu znanstvenog diskursa moglo interpretirati kao da je o teorijskim modelima, a ne o samom svijetu. Ono što se tradicionalno smatralo prirodnim zakonima sada postaju iskazi koji opisuju ponašanje teorijskih modela.

Ako se prihvati takvo opće, na modelima zasnovano razumijevanje znanstvenih teorija, onda se postavlja pitanje o naravi odnosa teorijskih modela i stvarnih sustava. R. Giere drži da to ne može biti izomorfizam zato što sve što govori protiv toga da postoje istiniti zakoni u klasičnom smislu također govori i protiv toga da u stvarnom svijetu postoji nešto što je izomorfno teorijskom modelu. Prema njemu, potreban je slabiji odnos sličnosti za koji se mora specificirati u kojem smislu i stupnju su teorijski model i stvarni sustav slični. Takve specifikacije, kao što je interpretacija termina korištenih za karakteriziranje modela te identifikacija relevantnih aspekata stvarnog sustava, nisu dio samog modela. One su dio kompleksne prakse u kojoj su modeli konstruirani i iskušani na svijetu u pokušaju da se odredi koliko dobro „pristaju“. (Giere, 2000:523)

Suvremene teorije je teško izolirati. Znanstvenici koji naoko dijele fundamentalne principe se unatoč tome ne slažu kako ih upotrebljavati u izgradnji modela. Obitelj modela koju bi se moglo poistovjetiti s teorijom višeg stupnja, kao što je teorija evolucije ili kvantna mehanika, nije nigdje lokalizirana. Ona je razmještena među mnogim znanstvenicima koji

djeluju unutar raznih specijalizacija. Ideja da su teorije dobro definirani entiteti ostatak je klasičnog pogleda na teorije koji je naveo filozofe da poistovjete teorije sa skupom propozicija. (Giere, 2000:524)

4.9.1. Filozofija znanosti u praksi

Ako teorije više ne mogu biti središte filozofije znanosti zbog upravo navedenih razloga, onda je pitanje što bi ih moglo zamijeniti. Možda odgovor ima filozofija znanstvene prakse.

Stanfordska škola filozofije znanosti koja je stavljala naglasak na praksu znanosti bila je preteča današnjeg pokreta unutar filozofije znanosti, koji je svoj institucionalni okvir dobio osnivanjem Društva za filozofiju znanosti u praksi (*The Society for Philosophy of Science in Practice* – SPSP). Prema mišljenju pripadnika tog pokreta unatoč tome što je filozofija znanosti danas konjunktorna, ipak je većina radova potpuno izolirana od stvarne znanstvene prakse. Društvo za filozofiju znanosti u praksi je izraslo iz prepoznavanja potrebe promoviranja filozofskog istraživanja „znanosti u praksi“, čime su osnivači Društva mislili i na znanstvenu praksu kao i na djelovanje znanosti u praktičnim područjima života.

U većini svojih tradicionalnih oblika, filozofija znanosti se fokusirala na odnos znanstvenih teorija i svijeta, često zanemarujući znanstvenu praksu. Takav ograničeni pogled ne obazire se na neke važne perspektive koje su neophodne za razvoj potpunije slike znanosti. „Ako nas zanima istraživanje pretpostavki i metoda koje leže u osnovi znanosti, bitno je ne samo istraživanje teorija i rezultata znanstvenog rada, nego i procesa pomoću kojih se došlo do tih zaključaka.“ (Ankeny et al. 2011:304) A ono što učimo od povijesti znanosti jest to da znanstvene prakse treba procijeniti u njihovim povijesnim kontekstima. SPSP je posvećen promicanju bavljenja filozofijom znanosti koje razmatra istodobno teoriju, praksu i svijet. Da bi se razumjelo implikacije tog pristupa, nužno je razmotriti što se misli pod „praksom“. Praksa se sastoji od organiziranih ili reguliranih aktivnosti koje su usmjerene na neke ciljeve. Dakle, sva korisna istraživanja pojedinog oblika prakse moraju razjasniti koje aktivnosti su povezane sa znanjem i potrebne za stvaranje znanja u toj domeni. Tradicionalne rasprave u filozofiji znanosti koje se tiču epistemoloških pojmova kao što su istina, činjenica, vjerovanje, izvjesnost, opažanje, objašnjenje, opravdanje, dokaz itd., mogu se korisno preoblikovati pomoću pojma aktivnosti. „Umjesto postavljanja apstraktnih ili teorijskih pitanja o prikladnim znanstvenim standardima dokaza, preformuliranjem pitanja pomoću pojma aktivnosti dopušta

istraživanje raznih (često konkurentskih) pristupa stvaranju i prosuđivanju dokaza.“ (Ankeny et al. 2011:305) Ispitivanje ciljeva u pozadini aktivnosti povezanih sa znanošću sili nas da se usredotočimo ne samo na epistemološke probleme, nego i na vrijednosti, norme i ideale svojstvene potrazi za znanstvenim znanjem. „Ono nas, nadalje, ohrabruje da propitujemo metafizičke i ontološke pretpostavke u pozadini tih praksi, umjesto da ih doživljavamo kao očite ili neupitne 'datosti'.“ (Ankeny et al. 2011:305) Ukratko, fokusiranje na praksu dopušta filozofiji znanosti povratak na fundamentalna pitanja koja su bila zanemarena u korist relativno uskog pristupa koji je uglavnom epistemološki i teorijski te koji često previđa implikacije znanosti onako kako ih se prakticira. SPSP „ne zanima samo kako se od prije postojeće znanje primjenjuje na praktične ciljeve, nego također kako je samo znanje oblikovano svojim namjeranim uporabama.“ (Ankeny et al. 2011:305) Posljedično je potrebno srušiti tradicionalne prepreke između „čistih“ i „primijenjenih“ znanosti, između „prirodnih“ i „društvenih“ znanosti te između „znanosti“ i „tehnologije“. To bi nam dopustilo da budemo više reflektivni o opsegu i načinu na koji sva područja znanosti mogu biti oblikovana upotrebama koje omogućuje znanje stvoreno znanstvenim istraživanjem.

Kako SPSP raste i oblikuje se, tako se pojavljuju glavne teme. Jedan primjer je onaj važnosti razumijevanja kako ljudski artefakti kao što su konceptualni modeli, laboratorijski instrumenti, jezični konstrukti i znanstveni standardi posreduju između teorija i svijeta te uloga koju ti artefakti imaju kako u oblikovanju znanstvenih praksi tako i u oblikovanju znanstvenih teorija. „Artefaktični“ pristup objašnjava kako i zašto nam modeli daju korisno znanje kroz znanstvenu praksu. „Artefaktični pristup modeliranju je potreban zato što tradicionalni, reprezentacionalistički pristup ili obmanjuje ili je previše minimalan ovisno o tome kako se reprezentaciju definira.“ (Ankeny et al. 2011:306)

Drugi primjer se fokusira na modeliranje kao aktivnost koja ide onkraj reprezentacijskog odnosa između modela i ciljnog predmeta. Prema tome pogledu, koji zastupa I. Peschard, „modele treba promatrati kao elemente 'epistemičkog prostora' sastavljenog od modela fenomena i aktivnosti modeliranja.“ (Ankeny et al. 2011:306) Vrijednost modela ovisi o promjenama koje izaziva u tom prostoru u odnosu na istraživanje znanstveno važnih problema. Modelima se može koristiti za konstruiranje drugih modela što je najčešći način na koji modeli „proizvode promjene“.

Jedna od tema koju SPSP propituje je tradicionalno razlikovanje konteksta otkrića i konteksta opravdanja. To razlikovanje često motivira one koji nastavljaju sumnjati u obrat

prema znanstvenoj praksi. SPSP drži da je to razlikovanje neodređeno ili dvosmisleno te da samo prikriva temeljna neslaganja o naravi opravdanja.

Sustavni okvir za opisivanje i analizu znanstvene prakse – „filozofsku gramatiku“ znanstvene prakse – nudi H. Chang. Ozbiljno proučavanje znanstvene prakse mora se baviti onim što se doista radi unutar same znanstvene prakse. To traži pomicanje fokusa s propozicija na aktivnosti. Svi opisi znanstvenog rada moraju na kraju biti stavljani u propozicije, ali se mora izbjeći pogrešku obraćanja pozornosti samo na propozicijske aspekte znanstvenih djelovanja. (usp. Chang, 2011:208) To je siguran put prema odvajanju od znanstvene prakse, a tim putem su krenuli analitički filozofi. Ono čemu treba prigovoriti je običaj fokusiranja na deskriptivne iskaze koji su ili proizvodi ili pretpostavke znanstvenog rada te naša predanost rješavanju problema istraživanjem logičkih odnosa među tim iskazima. Kao što kaže P. W. Bridgman da je „bolje, jer nas odvede dalje, analizirati djelovanja ili događanja, nego predmete ili entitete.“ (Chang, 2011:208)

Naprimjer, „umjesto da razmišljamo o naravi definicije, možemo razmotriti što je potrebno učiniti da bi se definiralo znanstveni termin: formulirati formalne uvjete, izraditi znanstvene instrumente i postupke mjerenja, osnovati povjerenstvo koje će nadgledati dogovorene upotrebe pojma te smisliti metode kojima će se kažnjavati one koji se ne drže dogovorenih upotreba. Ili, kao sljedeći primjer, potvrđivanje koje se može bolje razumjeti razmatrajući razne procese testiranja hipoteze. Ili, o naravi modela se može najbolje raspravljati razmatranjem djelovanja koja se događaju pri modeliranju.“ (Chang, 2011:208)

Ovaj način razmišljanja vodi prema analizi znanstvene prakse pomoću epistemičkih djelatnosti. Epistemička djelatnost je koherentni skup mentalnih ili fizičkih djelovanja (ili operacija) koji su namijenjeni doprinosenju proizvodnji ili poboljšanju znanja na određeni način, a u skladu s nekim razlučivim pravilima (iako ta pravila ne moraju biti artikulirana). Zbog toga što su djelatnosti pravilima vezani sustavi djelovanja, one su po sebi normativne u smislu da se djelovanja unutar djelatnosti stalno procjenjuju u odnosu na suglasje s pravilima. (usp. Chang, 2011)

ZAKLJUČAK

Modeli imaju središnje mjesto u mnogim znanstvenim kontekstima. Njihovu važnost sve više prepoznaje i filozofija znanosti. Filozofske ideje o znanstvenim modelima može se grupirati oko nekoliko osnovnih pitanja: Semantika - koja je reprezentacijska funkcija modela? Ontologija – koja vrsta stvari su modeli? Epistemologija – kako učimo pomoću modela? Modeli i teorije – koji je odnos modela i teorija? U filozofiji znanosti nema konsenzusa oko odgovora na ova pitanja.

Teza rada je da se na ova pitanja, kao i na druga pitanja u filozofskim raspravama o znanstvenim modelima, npr. mjesto modela u raspravi realizam/antirealizam, može lakše odgovoriti ako se analiza ne fokusira na sam pojam modela kao entiteta, nego ako se fokusira na pojam prakse modeliranja. Koji su argumenti za ovu tezu?

Metoda istraživanja sastojala se temeljno u pojmovnom istraživanju (analitička metoda). To istraživanje potpomognuto je istraživanjem povijesti filozofije znanosti te istraživanjem konkretnih primjera iz znanosti. U radu se ne govori izravno o ontologiji modela ni o vrstama modela, pa tako ni o definiciji modela. Također se ne definira neke ključne pojmove kao što je pojam teorije. Jedan od razloga je da rad pokazuje kako se te pojmove unutar filozofije znanosti definira vrlo različito. Drugi razlog je, a to pokazuje i sam rad, da nam definicije tih pojmova ni ne trebaju ako se okrenemo samoj znanstvenoj praksi. Moglo bi se autoreferentno reći da se te pojmove, zato što su i sami pojmovi - modeli, stalno modelira.

Rezultat istraživanja su ovi argumenti koji konvergiraju prema zaključku da se filozofija znanosti mora fokusirati na praksu modeliranja: 1. Teorija se ne odnosi izravno na podatke. Njih prvo treba pripremiti za teoriju (vidi 3.1). 2. Modele se ne deducira iz teorije (vidi 3.2 i 4.1). Postavlja se pitanje, kako onda nastaju modeli? 3. Pretpostavke modeliranjem unesene u ne-galilejske modele, a modeli suvremene znanosti su većinom takvi, treba poznavati da bi se modele moglo upotrebljavati u stvarnim situacijama (vidi 3.3). 4. Modeli često reprezentiraju stvarni svijet, ali reprezentacija nije supstantivni odnos modela i svijeta. Ona je dio prakse modeliranja (vidi 4.2). 5. Cilj znanosti je razumijevanje svijeta, a razumijevanje ne dobivamo od samog modela, nego modeliranjem. Razumijevanje jest sposobnost modeliranja (vidi 4.3). 6. U modeliranju su prisutne određene, npr. kognitivne vrijednosti koje bitno utječu na upotrebu modela (vidi 4.4). 7. U modeliranju se donosi odluke

o razmjenama, npr. između preciznosti i eksplanatornosti odnosno razumijevanja. Razmjene odlučuju o upotrebi modela (vidi 4.6). 8. Modeliranje se koristi predlošcima, npr. matematičkim. Izbor predložaka može pomoći da se modele klasificira na drukčiji, epistemički plodan način. 9. Modeliranjem se u modele unosi raznolike elemente. Empirijski elementi donose sa sobom opravdanje modelima. To omogućuje jednu vrstu realizma, realizma modeliranja (vidi 4.8).

Prva je argumente u prilog tezi iznijela N. Cartwright. To su ujedno i najvažniji argumenti. Zato smatram da je N. Cartwright stvorila novu granu filozofije znanosti, a to je filozofija modeliranja. Njezina filozofija modela i modeliranja daje novi okvir unutar kojeg se može dalje istraživati ovaj važni oblik znanstvene prakse. Drugi navedeni argumenti u prilog naglasku na modeliranju dobivaju novo značenje unutar tog okvira. Koji su njezini argumenti koje tumačim kao da govore u prilog tezi?

1. Cartwright primjećuje da filozofija znanosti olako shvaća put od teorije do fenomena. Osjećaj da zakoni fizike istinito opisuju stvarnost dolazi od zanemarivanja faze modeliranja u kojoj se opis podataka prilagođava matematici teorije (vidi 3.1).

2. Drugi, još vrjedniji, argument kojeg daje Cartwright je da modeli nisu izvedeni iz teorija. Doslovne implikacije teorije gotovo su univerzalno neistinite. Semantički pogled na teorije prihvaća implikacije teorije doslovno. No, prema, Cartwright, teorije ne impliciraju podatke čak ni načelno (vidi 3.1). Reprzentacije fenomena moraju biti konstruirane. Ako korekcije modela nisu legitimirane teorijom, uspješna primjena modela ne govori u prilog teoriji, pa takav model nije model teorije. Cartwright tvrdi da su korekcije koje modele teorije pretvaraju u modele koji prilično točno reprzentiraju stvarne fenomene rijetko, ako ikad, konzistentne s teorijom, a kamoli da ih teorija sugerira. U radu je navedeno nekoliko primjera (studija slučaja) koji bi trebali ilustrirati situacije u kojima se u model uvode korekcije koje nisu legitimirane teorijom (vidi 4.1).

3. Modeli često ne mogu biti samo apstrakcija ili obična idealizacija, oni moraju biti smješteni u specifičnu situaciju u kojoj će se pojavljivati pravilno ponašanje. Ako želimo taj model primijeniti na stvarnu situaciju, trebali bismo znati zašto smo baš te pretpostavke i specifikacije uveli u model te kako pretpostavke možemo mijenjati. Trebali bismo znati kako se modeliralo (vidi 3.3).

U ovom sam radu iznio argumente za svoju pretpostavku da su filozofi znanstvene prakse u pravu kada naglašavaju važnost fokusiranja na modeliranje jer nam takav pristup

pruža veće mogućnosti da se bavimo stvarnom znanosti. Kada govorim o stvarnoj znanosti ne mislim samo na jednostavne primjere iz fizike osamnaestog i devetnaestog stoljeća, nego i na suvremene primjere iz biologije i ekonomije, u kojima odjednom postaje važno što se u modele unosi tijekom modeliranja. Elementi i pretpostavke modeliranja dolaze u prvi plan, a sam model kao entitet, kao struktura, pada u drugi plan. Neki od tih elemenata prešutna su znanja, vještine i instrumenti. To su također razne pretpostavke i razni ciljevi ili svrhe, razlozi zbog kojih modeliramo i što želimo postići. Jedan od elemenata su i razmjene, odnosno odluka želimo li da model bolje i preciznije opisuje fenomen ili želimo da model bolje objašnjava, jer se preciznost i objašnjenje ne može postići istovremeno. Također bitan element su i predlošci, odnosno na koji su način razni modeli povezani zajedničkim predlošcima. Ovdje se radi o drugom načinu klasificiranja modela, za razliku od klasificiranja modela samo prema pripadajućim teorijama ili pripadajućim znanstvenim domenama. Uočava se da postoje srodnosti između modela prema tome koje predloške koriste.

Rezultati istraživanja o modelima i modeliranju u filozofiji znanosti N. Cartwright trebali bi poslužiti kao okvir unutar kojeg bi se trebala razvijati rasprava o praksi znanosti.

U svakodnevnoj praksi znanstvenici često govore o modelima. Mnoge hipoteze o kojima se raspravlja hipoteze su o ponašanju raznih modelskih sustava. U takvim raspravama razilaženje o naravi ciljnih sustava manje može kočiti komunikaciju. Model djeluje kao „tampon-zona“, omogućujući komunikaciju i zajednički rad među znanstvenicima koji imaju različita uvjerenja o ciljnim sustavima. Modelski sustav daje znanstvenicima zajednički temelj. Naličje ovog rješenja problema nesumjerljivosti određena je inercija ponekad vidljiva u znanstvenom radu. Moguće je da pozadinske pretpostavke koje su podržavale model budu odbačene, a da sam model bude i dalje zadržan. Međutim, da je istraživanje započeto s novim pozadinskim pretpostavkama ne bi nastao takav model. Problem inercije modela također sugerira da je potrebno usmjeriti pažnju na samu praksu modeliranja (vidi 4.8).

Nema savršenog modela, u modeliranju odlučujemo što nas više zanima: eksplanatornost ili točnost. Ako nas zanima samo objašnjenje ili razumijevanje, onda se možemo baviti i sasvim pogrešnim modelom. To što taj model zapravo ništa ne reprezentira znanstvenicima ne smeta, oni se bave samim modelom. Npr. kod jedne vrste ekonomskih modela (tzv. „analognih ekonomija“) eksplanatornost je važnija od točnosti. Na njima se provodi tehnička analiza iako se zna da su im pretpostavke pogrešne. Iz tih se krivih pretpostavki pažljivo deducira, a dedukcije su komplicirane i brižno provjeravane. To se radi zato što se proučava sam model (vidi 4.2, 4.3 i 4.5).

Modeliranje na neki način obuhvaća svoje elemente. Tako ih možemo bolje konceptualno razumjeti. Fokusiranje na modeliranje baca bolje svjetlo na njih. Praksa modeliranja uključuje brojne alate i elemente: sâm model, teoriju, matematiku, statističke metode, „podatke“, „fenomene“, „ciljeve“, „metode“, metafizičke ili ontološke pretpostavke, aproksimacije, idealizacije, apstrakcije, logiku, zaključivanje, razumijevanje i konceptualno istraživanje. Nije problem kako ćemo shvatiti što je modeliranje iz elemenata, nego kako ćemo shvatiti elemente iz modeliranja (vidi 4.8).

Za upotrebu modela potrebne su specifikacije vrste i stupnja sličnosti modela i stvarnog sustava. Te specifikacije, kao ni interpretacija termina korištenih za karakteriziranje modela te identifikacija relevantnih aspekata stvarnih sustava, nisu dio samog modela. One su dio kompleksne prakse u kojoj se model konstruira i testira.

Uvriježeno mišljenje da se empirijska procjena događa nakon konstruiranja modela je pogrešno. Provjera ne dolazi samo naknadno. Ona se stalno događa u samom modeliranju, kalibriranju, usklađivanju. Modelari unaprijed znaju koji će dio konstrukcije prvi revidirati ako model ne prođe testiranje. Prilikom modeliranja iskusan modelar upotrebljava razne elemente koji su, u različitoj mjeri koja je modelaru poznata, empirijski opravdani. Ako modelar zna koji su elementi modeliranja empirijski opravdani, onda on zna i upotrebljavati model. Zna kako korigirati model, koje elemente se može, a koje ne može korigirati. Modeliranje se na mnogo mjesta, u mnogo sitnih koraka dodiruje sa stvarnošću. Ono komadiće stvarnosti ugrađuje u model, isprobava te djeliće i sklepara ih u cjelinu. Modeliranje je zapravo prtljanje s komadićima stvarnosti. Tako učimo i postizemo razumijevanje, ali time i model dobiva opravdanje. To je modelarski (eksperimentalni) realizam. Stvarnost jest u mnogostrukoj praksi, iskustvu, provjerenim metodama, provjerenim instrumentima, epistemičkim predmetima koji su postali tehnički predmeti, inženjerstvu, u tome da nomološki strojevi rade. Majstorstvo daje i razumijevanje i opravdanje. Dakako, odnos modela i modeliranja sa stvarnošću ostaje trajno labav. No, to znanstvenike previše ne brine. Modeliranje je cilj, a ono ne treba čvrst odnos sa stvarnošću. Također, odnos modeliranja i stvarnosti mnogo je kompliciraniji od odnosa supstantivne reprezentacije. Na kraju model ipak nekako slični fenomenu tj. cilju, ali sličnost nije dovoljna. U toj sličnosti postoji neka aktivna intencija. Da bismo mogli upotrebljavati model, moramo već znati da je model upotrebljiv, moramo znati da je tako modeliran da bi se mogao na određeni način upotrijebiti. Vrijednost modela u njega je ugrađena modeliranjem. Upotreba modela oslanja se na modeliranje. Ako se modeliranjem ugrađuje opravdanje u model, onda to ne može biti

nevažno pri upotrebi modela. Modeliranje je interakcija teorija, modela, matematičkih struktura i kreativnosti. Važnost procesa modeliranja, povijesno gledano, pojavljuje se i kroz ideju autonomije modela. Znanstvena praksa (modeliranje) kauzalno je povezana sa svijetom. Modeliranje je ono što povezuje model sa stvarnošću. (Modeliranje je stvarnije od modela.) Model (kao entitet) rekonstrukcija je procesa modeliranja. Međutim, bolja „jedinica analize“ sastoji se od „paketa“ modela i modeliranja. Drugim riječima, stvarnost se ne može odvojiti od metode (vidi 4.8).

Doprinos rada ovoj temi je eksplicitno stavljanje naglaska na modeliranje. Radovi Nancy Cartwright daju nam okvir unutar kojega se može dalje istraživati stvarnu praksu znanosti uz pomoć tako artikuliranog i stabiliziranog pojma modeliranja. Cartwright je pomogla da se pojam modeliranja uoči, pojasni i stabilizira. Na nekoliko se načina pokazuje da je model, zahvaljujući modeliranju, autonoman od teorije. Model nije dio teorije i samo deduciran iz teorije, nije implikacija teorije, nego ima autonomiju, samostalnost i tom autonomijom, on zapravo posreduje između teorije i svijeta, odnosno fenomena.

Fokusiranje na praksu modeliranja konceptualno pomaže da se analizira znanstvena praksa. Epistemologija prakse se pita koje su vrste aktivnosti potrebne za stvaranje znanja. Znanje modeliranja kombinira se s drugim znanjima te je često preduvjet za ta druga znanja: omogućuje pitanja i konceptualno pomaže. Da bismo vidjeli što modeli rade i kako nas mogu poučavati, moramo razumjeti detalje njihovog konstruiranja i uporabe. Nema proizvoda znanja koje se može razumjeti (potpuno opisati i analizirati), a da se ne uzme u obzir procese koji su doveli do tog znanja. Proces modeliranja sadrži znanje o tome kako se modele može upotrebljavati, razvijati i mijenjati. Ne učimo od strukture modela nego od njegovog ponašanja pri upotrebi. Modeliranje je vrsta zaključivanja. Neke svrhe modeliranja nisu i svrhe samih modela. Neki važni epistemički procesi događaju se prije nego što je model „gotov“. U modeliranju ima važnih epistemičkih vrijednosti kojih nema u modelu i ne mogu se iz modela rekonstruirati. Učenje modeliranjem uključuje pronalaženje onoga što će se slagati zajedno te što će reprezentirati neke aspekte teorije, svijeta ili i jednoga i drugoga. Modeliranje zahtijeva izbore i u tome se sastoji učenje. Treba pronaći ono što će uskladiti razne elemente i aspekte, ono što će funkcionirati. To usklađivanje je teški, inženjerski posao u kojemu se mora donositi određene odluke. O svakom djeliću modela donose se bitne odluke koje određuju kako se modelom može koristiti, kako ga se može primijeniti te kako o tim odlukama i izborima ovisi rezultat. Kad je model jednom izgrađen, veza s fenomenom ne

uspostavlja se automatski i zato nije koristan naglasak na modelu kao predmetu, nego na upotrebi modela, a upotreba uključuje izradu modela tj. modeliranje.

Model je meta-znanstveni pojam i kao takav je pogodan za formalnu analizu. No, takav pristup udaljava nas od stvarne prakse znanosti. Naglasak na modeliranju pokazuje srednji put između formalnog pristupa i pristupa povijesti i sociologije znanosti. N. Cartwright implicitno potvrđuje prednost filozofske analize modeliranja pred analizom samih modela.

Ako je teza da pojam modeliranja treba staviti u središte filozofije znanosti, onda je jasno koji su prijedlozi za daljnje istraživanje. U „klasičnim“ teorijama modela upotreba modela i modeliranje ostaju nejasni. S jedne strane, konceptualni pomak omogućuje da se mnoge probleme filozofije znanosti sagleda na novi način. S druge strane, trebat će i dalje (pomoću studija slučaja) analizirati stvarnu znanstvenu praksu. Prikupljeno znanje i razumijevanje trebat će pokušati sistematizirati.

Cilj rada je pokazati jalovost semantičkog i sličnih pogleda. Filozofija znanosti moći će se još dugo baviti praksom modeliranja prije nego što dođe do područja (ili ostataka) koja će morati prepustiti drugim znanostima. Ustvari, klasična filozofija znanosti logičkog pozitivizma i logičkog empirizma te one ovima bliske po sklonosti formalnim pristupima, prerano su odustale od manje formalnih pristupa. Sklonost formalnom znanstvene je teorije, kao jedini dio znanosti kojim se klasična filozofija znanosti htjela baviti, dovela do tako jakih rekonstrukcija da je od znanosti ostala „mumija“ (Hacking). Kuhn je, npr., pokazao koliko su pogrešne racionalne rekonstrukcije promjene teorije. Umjesto toga, filozofija znanosti treba se baviti živom znanošću. Formalni pristupi skloni su onome što Elgin naziva „savršenom proceduralnom epistemologijom“ (vidi 4.3). Takav pristup, bojeći se pogreške, zapada u skepticizam ili trivijalnost. Vidimo da je to neodrživo prije svega u biologiji modelskih organizama kao dominantne metode suvremene i buduće biologije, a sve više i u drugim znanostima (vidi 4.5).

Filozofija znanosti trebala bi težiti konsenzusu o osnovnim pitanjima. Za to su potrebna konceptualna razjašnjenja. O odgovorima na osnovna pitanja ovisit će odgovori na daljnja pitanja. Filozofiji znanosti koristan je ovakav konceptualni razvoj. Razumijevanje znanstvenog modeliranja nije samo empirijski posao, nego je potrebna i konceptualna analiza. Konceptualna, a ne samo logička analiza, posao je filozofije.

POPIS LITERATURE

- Achinstein, P. (1968), *Concepts of Science: A Philosophical Analysis*. Baltimore, London: The Johns Hopkins Press.
- Ankeny, R., H. Chang, M. Boumans i M. Boon (2001), „Introduction: philosophy of science in practice“. *European Journal for Philosophy of Science*, 1:303-307.
- Bailer-Jones, D. (2009), *Scientific Models in Philosophy of Science*, University of Pittsburgh Press.
- Balashov Y. i A. Rosenberg (ur.)(2002), *Philosophy of Science: Contemporary Readings*, Routledge.
- Berčić, B. (2002), *Filozofija Bečkog kruga*, Zagreb: KruZak.
- Black, M. (1962), *Models and Metaphors*, Cornell University Press.
- Boltzmann, L. (1876), “Über die Natur der Gasmoleküle”, u *Wissenschaftliche Abhandlungen, Band II*, Chelsea, New York, 1968: 103-110.
- Boltzmann, L. (1974), *Theoretical Physics and Philosophical Problems*, Dordrecht i Boston: D. Reidel Publishing Company.
- Born, M. i E. Wolf (1999), *Principles of Optics*, sedmo prošireno izdanje. Cambridge: Cambridge University Press.
- Boumans, M. (1999), „The Built-In Justification“, u *Models as Mediators*. Ur. M. S. Morgan i M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press: 66- 96.
- Boumans, M. (2005), *How Economists Model the World Into Numbers*, London i New York: Routledge.
- Boyd, R. (1993), “Metaphor and theory change: What is ‘metaphor’ a metaphor for?”, u *Metaphor and Thought*, Ur. A. Ortony, Drugo izdanje. Cambridge: Cambridge University Press: 356-408.
- Braithwaite, R. (1953), *Scientific Explanation*, Cambridge: Cambridge University Press.

- Braithwaite, R. B. (1962), „Models in the Empirical Science“, u *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Ur. E. Nagel, P. Suppes i A. Tarski, Stanford University Press: 224–231.
- Brush, S. G. (ur.)(1965), *Kinetic Theory, Volume 1: The Nature of Gases and Heat*, Oxford: Pergamon Press.
- Buck, R. i R. Cohen (ur.), *PSA 1970: In Memory of Rudolf Carnap*, Dordrecht-Holland, D. Reidel.
- Bueno, O., S. French i J. Ladyman, (2002), „On representing the relationship between the mathematical and the empirical“. *Philosophy of Science*, 69: 497-518.
- Bueno, O., S. French i J. Ladyman (2012), „Models and structures: Phenomenological and partial“, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 43: 43-46.
- Campbell, N. (1920), *Physics: The Elements*, Cambridge: Cambridge University Press. Reprint kao *Foundations of Science*, New York: Dover, 1957.
- Carnap, R. (1939), *Foundations of Logic and Mathematics*, University of Chicago Press.
- Carnap, R. ([1937] 1949), *The Logical Syntax of Language*, London: Routledge and Kegan Paul.
- Carnap, R. (1950), *The Logical Foundations of Probability*, University of Chicago Press.
- Carnap, R. (1995), *An Introduction to the Philosophy of Science*, New York: Dover Publications. Izvorno izdanje 1966. pod imenom *Philosophical Foundations of Physics*.
- Carnap, R. (2003), *The Logical Structure of the World, and Pseudoproblems in Philosophy*, Chicago i La Salle, IL: Open Court.
- Cartwright, N. (1983), *How the Laws of Physics Lie*, Oxford: Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1991), „Fables and Models“, *Proceedings of the Aristotelian Society Suppl.* 65, 55-68.
- Cartwright, N. (1999a), *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. (1999c), „Models and the limits of theory: quantum Hamiltonians and the BCS model of superconductivity“, u *Models as Mediators*. Ur. M. S. Morgan i M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press: 241-281.

- Cartwright, N. (2007), *Hunting Causes and Using Them: Approaches in Philosophy and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. (2010a), „Models: Parables v Fables“, u *Beyond Mimesis and Convention: Representation in Art and Science*. Ur. R. Frigg, i M. C. Hunter, Dordrecht: Springer: 19-31.
- Cartwright, N. (2012), „A Question of Nonsense“, *Iyyun: The Jerusalem Philosophical Quarterly* 63: 102-116.
- Cartwright, N., T. Shomar i M. Suárez (1995), „The Tool Box of Science: Tools for Building of Models with a Superconductivity Example“, u *Theories and Models in Scientific Processes*. Ur. W. E. Herfel, W. Krajewski, I. Niiniluoto i R. Wojcicki, Rodopi: 137–149.
- Chang, H. (2011), „The Philosophical Grammar of Scientific Practice“, *International Studies in the Philosophy of Science* 25:3, 205-221.
- Cohen, R. S. i Wartofsky, M. W., (ur.)(1965), *Boston studies in the philosophy of science*, Vol. 2, New York: Springer-Verlag.
- Creager, A. N. H., E. Lunbeck i M. N. Wise (ur.)(2007), *Science Without Laws*, Durham: Duke University Press.
- Da Costa, N. C. A. i S. French (2000), „Theories, Models and Structures: Thirty Years On“, *Philosophy of Science* 67 (Proceedings): S116–S127.
- Da Costa, N. C. A. i S. French (2003), *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*, Oxford: Oxford University Press.
- De Marchi, N. (ur.)(1988), *The Popperian Legacy in Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- De Regt, H. W. (2006), „Modelling Molecules: Beyond the Epistemic-Pragmatic Dichotomy“, predavanje: Vancouver, PSA Biennial Meeting i Dubrovnik, IUC Conference. <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/2992>. Pristupljeno 23. prosinca 2014.
- De Regt, H. W., Leonelli, S., Eigner, K. (ur.) (2009), *Scientific Understanding*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

- Ducheyne, S. (2006), „Lessons From Galileo: The Pragmatic Model of Shared Characteristics of Scientific Representation“, *Journal of the History of Ideas*, Vol. 67, No. 3:443-464.
- Duhem, P. (1954), *The Aim and Structure of Physical Theory*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Dupré, J. (1993), *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Dupré, J. (2004), „Science and values and values in science: comments on Philip Kitcher's *Science, Truth, and Democracy*“, *Inquiry* 47: 505-514.
- Elgin, C. Z. (1996), *Considered Judgment*, Princeton, NJ.: Princeton University Press.
- French, S. (2003), „A Model Theoretic Account of Representation (Or, I Don't Know Much about Art... but I Know It Involves Isomorphism)“, *Philosophy of Science* Vol. 70, No. 5: 1472-1483.
- French, S. i J. Ladyman (1999), „Reinflating the semantic approach“, *International Studies in the Philosophy of Science*, 13.
- Frigg, R. (2006), “Scientific Representation and the Semantic View of Theories”, *Theoria* 55: 37–53.
- Frigg, R. i M. C. Hunter (ur.)(2010), *Beyond Mimesis and Convention: Representation in Art and Science*, Dordrecht: Springer.
- Frisch, M. (2005), *Inconsistency, Asymmetry, and Non-Locality: A Philosophical Investigation of Classical Electrodynamics*, New York i Oxford : Oxford University Press.
- Galison, P. (1997), *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, Chicago: University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1984), *Understanding Scientific Reasoning*, Minneapolis: Minnesota University Press.
- Giere, R. N. (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (2000), „Theories“, u *A Companion to the Philosophy of Science*. Ur. W. H. Newton-Smith, Oxford: Blackwell: 515-524.
- Goodman, N. (1976), *Languages of Art*, Indianapolis/Cambridge: Hackett.

- Hacking, I. (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hanson, N. R. (1958), *Patterns of Discovery*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hartmann, S., C. Hofer i L. Bovens (ur.)(2008), *Nancy Cartwright's Philosophy of Science*, New York: Routledge.
- Hempel, C. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York: Free Press.
- Hempel, C. (1966), *Philosophy of Natural Science*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Hempel, C. (1977), „Formulation and Formalization of Scientific Theories“, u *The Structure of Scientific Theories*. Ur. F. Suppe, Suppe, F. (1977), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press: 244-254.
- Herfel, W. E., W. Krajewski, I. Niiniluoto i R. Wojcick (1995), *Theories and Models in Scientific Processes*, Rodopi.
- Hertz, H. (2007), *The Principles of Mechanics Presented in a New Form*, New York: Cosimo.
- Hesse, M. (1966), *Models and Analogies in Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Hesse, M. (2000), „Models and Analogies“, u *A Companion to the Philosophy of Science*. Ur. W. H. Newton-Smith, Oxford: Blackwell: 299-307
- Hickey, T. J. (2005), *Twentieth-Century Philosophy of Science: A History*, drugo izdanje kao e-knjiga.
- Hughes, R. I. G. (1997), „Models and Representation“, *Philosophy of Science* 64 (Proceedings): S325–S336.
- Humphreys, P. (2002), „Computational Models“, *Proceedings of the Philosophy of Science Association* (3): 1-11.
- Kaiser, M. (1991), „From rocks to graphs: The shaping of phenomena“, *Synthese* 89: 111-133.
- Karplus, W. (1959), *Analog Simulation: Solution of Field Problems*. New York: McGraw-Hill.
- Keller, E. F. (2000), „Models Of and Models For: Theory and Practice in Contemporary Biology“, *Philosophy of Science*, 67 (Proceedings): 72-86.

- Keller, E. F. (2002), *Making Sense of Life*, Cambridge, MA i London: Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1999), *Struktura znanstvenih revolucija*, Zagreb: Jesenski i Turk.
- Lakatos, I. (1971), „History of Science and its Rational Reconstructions“, u *PSA 1970: In Memory of Rudolf Carnap*. Ur. R. Buck i R. Cohen, Dordrecht-Holland, D. Reidel: 91-136.
- Larvor, B. (2000), „History, Role in the Philosophy of Science“, u *A Companion to the Philosophy of Science*. Ur. W. H. Newton-Smith, Oxford: Blackwell: 154-161.
- Lelas, S. i Vukelja, T. (1996), *Filozofija znanosti: s izborom tekstova*. Zagreb: Školska knjiga.
- Longino, H. (1990), *Science as Social Knowledge*, Princeton: Princeton University Press.
- Magnani, L., N. Nersessian i P. Thagard (ur.)(1999), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, New York: Kluwer.
- Matthewson, J. i M. Weisberg (2008), „The Structure of Tradeoffs in Model Building“, *Synthese* 170 (1): 169-190.
- Maudlin, T. (2007), *Metaphysics within Physics*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Maxwell, J. C. (1877), „The kinetic theory of gases“, *Nature* 16: 242-246.
- Maxwell, J. C. (1965), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, ur. W. D. Niven, New York: Dover Publications.
- Maxwell, J. C. (1986), *Maxwell on Molecules and Gases*, E. Garber, S. G. Brush i C. W. F. Everitt (ur.). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- McMullin, E. (1968), „What Do Physical Models Tell Us?“, u *Logic, Methodology and Philosophy of Science III*, Ur. B. van Rootselaar i J. F. Staal, North-Holland: 385–400.
- McMullin, E. (1985), „Galilean idealization“, *Studies in the History and Philosophy of Science*, 16, pp. 247-263.
- Ernan McMullin, (2002), „A Case for Scientific Realism“. U *Philosophy of Science: Contemporary Readings*. Ur. Y. Balashov i A. Rosenberg, Routledge: 248-280.
- Montuschi, E. (2000), „Metaphor in Science“, u *A Companion to the Philosophy of Science*. Ur. W. H. Newton-Smith, Oxford: Blackwell: 277-282.

- Morgan, M. S. (1988), „Finding a Satisfactory Empirical Model“, u *The Popperian Legacy in Economics*. Ur. N. De Marchi, Cambridge: Cambridge University Press: 99–211.
- Morgan, M. S. (1999), „Learning from models“, u *Models as Mediators*, Ur. M. S. Morgan i M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press: 347-388.
- Morgan M. S. i M. Morrison (ur.)(1999), *Models as Mediators*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Morrison, M. (1999), „Models as Autonomous Agents“, u *Models as Mediators*, Ur. M. S. Morgan i M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press: 38–65.
- Morrison, M. (2007), „Where Have All the Theories Gone?“, *Philosophy of Science* Vol. 74, No. 2: 195-228.
- Nagel, E. (1979), *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*, Indianapolis i Cambridge: Hackett Publishing Company.
- Nagel, E., P. Suppes i A. Tarski (1962), *Logic, Methodology and the Philosophy of Science (Proceedings of the 1960 International Congress)*, Stanford University Press.
- Newton-Smith, W. H. (ur.)(2000), *A Companion to the Philosophy of Science*. Oxford: Blackwell.
- Nowak, L. (1980). *The structure of idealization: Towards a systematic interpretation of the Marxian idea of science*. Dordrecht: Reidel.
- Odenbaugh, J. (2003), „Complex Systems, Trade-Offs and Mathematical Modeling: Richard Levins' 'Strategy of Model Building in Population Biology' Revisited“, *Philosophy of Science* 70, 1496–1507.
- Ortony, A. (ur.)(1993), *Metaphor and Thought*, drugo izdanje. Cambridge: Cambridge University Press.
- Orzack, S. H. (2005), „What, If Anything, Is 'The Strategy of Model Building in Population Biology'? A Comment on Levins (1966) and Odenbaugh (2003)“, *Philosophy of Science* 72, 479–485.
- Orzack, S. H. i E. Sober (1993), „A Critical Assessment of Levins's 'The Strategy of Model Building in Population Biology' (1966)“, *Quarterly Review of Biology* 68(4), 533–546.
- Peschard, I. (2007), „The Value(s) of a Story: Theories, Models and Cognitive Values“, *Principia*, 11: 151-169.

- Peschard, I. i B. van Fraassen (2013), „Making the Abstract Concrete: The Role of Norms And Values In Experimental Modeling“, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, Vol. 46: 3-10.
- Pitt, J. (2001), „The dilemma of case studies: Toward a Heraclitian philosophy of science“, *Perspectives on Science* 9: 373-382.
- Poincaré, H. (1989), *Znanost i hipoteza*, Zagreb: Globus.
- Putnam, H. (1962), „What Theories are not?“, u *Logic, Methodology and the Philosophy of Science (Proceedings of the 1960 International Congress)*, Ur. E. Nagel, P. Suppes i A. Tarski, Stanford University Press: 240-251.
- Putnam, H. (1963), „'Degree of confirmation' and inductive logic“, u *The Philosophy of Rudolf Carnap*. Ur. P. A. Schilpp, La Salle, IL: Open Court: 761-783.
- Quine, W. V. (1992), *Pursuit of Truth, Revised Edition*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Rawls, J. (1971), *A Theory of Justice*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Reichenbach, H. (1938), *Experience and Prediction*, University of Chicago Press.
- Reiss, J. (2012), „The Explanation Paradox“, *Journal of Economic Methodology*, Vol. 19 No. 1: 43-62.
- Rolin, Kristina (2011) „Values in Science“. ms. 10/26/2011.
<http://www.uta.fi/yky/oppiaineet/filosofia/opetusohjelma/index/Feminist%20epistemology%20I.pdf>. Pristupljeno 23. prosinca 2014.
- Rol, M. (2008), „Idealization, Abstraction, and the Policy Relevance of Economic Theories“, *Journal of Economic Methodology*, 15, 1: 69–97.
- Rouse, J. (2009), „Laboratory Fictions“, u *Fictions in Science*. Ur. M. Suárez, New York: Routledge: 37-55.
- Schilpp, P. A. (ur.)(1963), *The Philosophy of Rudolf Carnap*, La Salle, IL: Open Court.
- Sellars, W. (1965), „Scientific Realism or Irenic Instrumentalism: A Critique of Nagel and Feyerabend on Theoretical Explanation“, u *Boston studies in the philosophy of science*, Vol. 2. Ur. R. S. Cohen i M. W. Wartofsky, New York: Springer-Verlag.
- Sesardić, N. (ur.)(1985), *Filozofija nauke*, Beograd: Nolit.

- Shapere, D. (2000), „Scientific Change“, u *A Companion to the Philosophy of Science*. Ur. W. H. Newton-Smith, Oxford: Blackwell: 413-422.
- Spector, M. (1965), „Models and Theories“, *British Journal for the Philosophy of Science*, XVI (62): 121-142.
- Suárez, M. (1999a), „The role of models in the application of scientific theories: Epistemological implications“, u *Models as mediators*. Ur. M. S. Morgan i M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press: 168-196.
- Suárez, M. (1999b), „Theories, Models and Representations“, u *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. Ur. L. Magnani, N. J. Nersessian i P. Thagard, Kluwer: 75–83.
- Suárez, M. (2003), „Scientific Representation: Against Similarity and Isomorphism“, *International Studies in the Philosophy of Science*, 17(3): 225-244.
- Suárez, M. (2004), „An Inferential Conception of Scientific Representation“, *Philosophy of Science*, 71: 767-779.
- Suárez, M. (2009), „Van Fraassen's Long Journey from Isomorphism to Use“, *Metascience*.
- Suárez, M. (ur.)(2009), *Fictions in Science*, New York: Routledge.
- Suárez, M. i N. Cartwright (2008), „Theories: Tools vs. Models“, *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 39: 62-81.
- Suppe, F. (1977), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press.
- Suppe, F. (1989), *Scientific Realism and Semantic Conception of Theories*, University of Illinois Press.
- Suppe, F. (2000), „Understanding Scientific Theories: An Assessment of Developments 1969–1998“, *Philosophy of Science 67 (Proceedings)*: S102–S115.
- Suppes, P. (1961), „A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences“, u *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*. Ur. H. Freudenthal, D. Reidel: 163–177.
- Suppes, P. (1962), „Models of Data“, u *Logic, Methodology and the Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*. Ur. E. Nagel, P. Suppes i A. Tarski, Stanford University Press: 252–267.
- Suppes, P. (1967), „What Is a Scientific Theory?“, u *Philosophy of Science Today*. Ur. S. Morgenbesser, Basic Books: 55–67.

- Suppes, P. (2002), *Representation and Invariance of Scientific Structures*, Stanford: CSLI Publications.
- Swoyer, C. (1991), „Structural Representation and Surrogate Reasoning“, *Synthese* 87.
- Trout, J. D. (2002), “Scientific explanation and the sense of understanding”, *Philosophy of Science* 69: 212-233.
- Van Fraassen, B. (1967), „Meaning Relations Among Predicates“, *Noûs* 1: 161-180.
- Van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press.
- Van Fraassen, B. (1989), *Laws and Symmetry*, Oxford: Oxford University Press.
- Van Fraassen, B. (1995), „Structure and Perspective: Philosophical Perplexity and Paradox“, u *Logic and Scientific Methods*, Ur. M. L. Dalla Chiara, K. Doets, D. Mundici i J. van Benthem, Kluwer Academic Publishers: 511–520.
- Van Fraassen, B. (2008), *Scientific Representation*, Oxford: Clarendon Press.
- Weisberg, M. (2004), „Qualitative Theory and Chemical Explanation“, *Philosophy of Science* 71, 1071–1081.
- Weisberg, M. (2006), „Forty Years of 'The Strategy': Levins on Model Building and Idealization“, *Biology and Philosophy* 21(5), 623–645.
- Weisberg, M. (2007), „Three Kinds of Idealization“, *The Journal of Philosophy* 104: 639-659.

ŽIVOTOPIS S POPISOM OBJAVLJENIH DJELA

Osobni podatci

Datum i mjesto rođenja: 9. prosinca 1955. u Splitu
Adresa: Bisačka 3, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska
Telefon/mobitel: (01)3822204 / 098359084
e-pošta: josiplukin4@gmail.com

Obrazovanje (kronološki od novijeg k starijem datumu):

2004. diplomirani filozof – Filozofski fakultet Družbe Isusove u Zagrebu
1993.-1997. postdiplomski studij i specijalizacija opće/obiteljske medicine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
1981. doktor medicine – Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Radno iskustvo (kronološki od novijeg k starijem datumu):

2008.-2011. gost predavač na kolegiju Analitička filozofija (nositelj: Doc. dr. sc. K. Krkač, Filozofski fakultet Družbe Isusove u Zagrebu)
1981.- liječnik opće prakse – specijalist opće/obiteljske medicine

Popis radova:

„Know-how I: Wittgenstein and practical certainty” (K. Krkač, J. Lukin, D. Mladić) u Moyal-Sharrock D., Munz V. A., Coliva A. (ur.) „Mind, Language, and Action, Papers of 36th International Ludwig Wittgenstein Symposium”, Austrian Ludwig Wittgenstein Society, Kirchberg am Wechsel, 2013, pp. 222-224.

“Rendezvous with fear – Wittgenstein, “Alien” and hope/fear blend” (K. Krkač, J. Lukin, D. Mladić), u Weiss M. G. and Greif H. (ur.) (2012) „Ethics – Society – Politics“, Preproceedings of 35th International Ludwig Wittgenstein Symposium, Kirchberg am Wechsel, ALWS, 2012, pp. 166-168, članak u zborniku radova s međunarodne konferencije s dvostrukom anonimnom recenzijom.

„Samir OSMANČEVIĆ, Oswald Spengler. Filozofijska biografija“, PILAR Godište V. (2010.), broj 1 (9), recenzija, prikaz.

„Habitual lying“ (Buzar S., Jalšenjak B., Krkač K., Lukin J., Mladić D. and Spajić I.), Philosophical Papers and Reviews, October 2010, Vol. 2(3), pp. 34-39, <http://www.academicjournals.org>, Izvorni znanstveni članak.

“Philosophical Morphology” (K. Krkač, J. Lukin), Disputatio Philosophica, 2009, ISSN 1332-1056, 2009:3-23, Izvorni znanstveni članak.

„Ontologija“, (K. Krkač, J. Lukin), u Krkač K. (2009) (ur.) „Uvod u filozofiju“, ZŠEM, MATE, 2009:27-43, Pregledni članak / poglavlje u knjizi.

“Wittgenstein the Morphologist I”, (K. Krkač, J. Lukin), *Synthesis Philosophica*, 46, (2/2008) pp. 427–438, Izvorni znanstveni članak.

„Forms of life as forms of culture“ (K. Krkač, J. Lukin) u H. Hrachovec, A. Pichler, J. Wang (ur.) «Philosophy and Information Society, Proceedings of 30. International Wittgenstein Symposium», Kirchberg am Wechsel, ALWS, 2007:112-114, članak u zborniku radova s međunarodne konferencije s dvostrukom anonimnom recenzijom.

«Wittgenstein on Consciousness» (K. Krkač, J. Lukin), u I. Spajić, T. Čuljak (ur.) «Consciousness / Svijest», SZFFDI, 2006:88-103, članak u zborniku radova s međunarodne konferencije.

„Wittgenstein on Consciousness in *Philosophical Investigations*“ (K. Krkač, J. Lukin), u: G. Gasser, C. Kanzian, E. Runggaldier, (ur.) «Culture: Conflict-Analysis-Dialogue, Proceedings of 29. International Wittgenstein Symposium“, Kirchberg am Wechsel, 2006:156-159, članak u zborniku radova s međunarodne konferencije s dvostrukom anonimnom recenzijom.

„Problem racionalnosti“ (K. Krkač, J. Lukin), u D. Miščin (ur.) „Siniša Očurščak: Filozofski zapisi, pjesme i odjeci“, naklada M. Škorić, Zagreb, 2004:439-483, Poglavlje u knjizi.