

# Kompleksno mišljenje in znanstvene teorije

*Andrej Ule*

*Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani*

*Zoran Primorac*

*Fakultet prirodoslovno-matematiških znanosti, Sveučilište u Mostaru*

## Povzetek

Sestavek predstavlja pregled najinih premislekov in analizo vloge kompleksnega in pojmovnega mišljenja v razvoju mišljenja, predvsem v znanstvenem mišljenju. Na tem projektu sva sodelovala v obdobju med letoma 2005 in 2010, o tej temi pa sva objavila več znanstvenih sestavkov. Pri sami definiciji kompleksnega in pojmovnega mišljenja sva uporabljala teorijo Vigotskega o genezi pojmovnega mišljenja in deloma ugotovitve genetske epistemologije o razvoju znanstvenega mišljenja. Najine raziskave so pokazale, da je kompleksno mišljenje v znanstvenem mišljenju stalno prisotno in v določeni meri obstaja tudi v pojmovnih strukturah dobro izgrajenih znanstvenih teorij.

**Ključne besede:** kompleks, pojmovno mišljenje, razvoj mišljenja, znanstveno mišljenje, metafora, analogija

## Complex Thought and Scientific Theories – Abstract

The article is an overview of our reflections on and analysis of the role of complex and conceptual thought in the development of thinking, primarily in scientific thought. The authors collaborated on this project in 2005–2010 and published several scientific papers on this topic. In defining the complex and conceptual thought we used the Vygotsky's theory on the genesis of conceptual thought and partly on the findings of genetic epistemology concerning the development of scientific thinking. Our research shows that complex thought is permanently present in scientific thought and it exists to a certain degree even in conceptual structures of well-formulated scientific theories.

**Keywords:** complex, conceptual thought, development of thinking, scientific thought, metaphor, analogy

## Uvod

V najinem proučevanju bova, vsaj v načelu, privzela stališča Vigotskega, ki predpostavlja stopnjovitost v ontogenezi človeškega mišljenja, pri čemer je kompleksno mišljenje zadnja faza pred pojavom pojmovnega mišljenja. Naj v kratkih potezah prikaževa njegove predpostavke.

Kot sva dejala, Vigotski predpostavlja stopnjeviti razvoj mišljenja od prvotnega sinkretizma predstav skozi uporabo kompleksov do pojmovnega mišljenja. Po Vigotskem je pri tem najpomembnejše dejstvo, da zgradba kompleksov ne temelji na abstraktni in logični, ampak na konkretni in stvarni povezavi posameznih elementov, iz katerih kompleks sestoji. Kompleks se gradi na stvarnih povezavah med elementi, ki jih odkriva neposredna izkušnja (Vigotski, 1996: 108–109).

Iz njegove razvojne oz. genetske psihologije izhaja, da ima tudi samo kompleksno mišljenje določene razvojne faze. Prvo vrsto kompleksov imenuje »asociativni«, ker slo-nijo na kakršni koli asociacijski povezavi s poljubno lastnostjo, ki jo otrok opaža na predmetih, ki v eksperimentu predstavljajo jedro prihodnjega kompleksa.

Drugo fazo v razvoju kompleksnega mišljenja predstavlja spajanje predmetov in konkretnih predstav v posebne skupine, ki po svojem sestavu spominjajo na to, kar običajno poimenujemo »zbirke« (Ibid.: 110). To je druga vrsta kompleksov. Način mišljenja v asociativnih kompleksih se od asociacijskega kompleksa razlikuje večinoma v tem, da se v zbirko ne vključujejo ponovni primerki predmetov z istimi lastnostmi. V kompleksu – zbirki poleg asociacije po podobnosti deluje tudi asociacija po kontrastu.

Po fazi kompleksa – zbirke po Vigotskem nastopi t. i. verižni kompleks. Verižni kompleks se oblikuje po načelu dinamičnega, začasnega spajanja posamičnih členkov v enovito verigo prenosa pomena skozi posamezne člene te verige. Tudi ta vrsta kompleksa temelji na asociacijski povezavi posameznih konkretnih elementov, vendar ta povezava na splošno ne povezuje nujno posameznih členov z verigo. Ta kompleks predstavlja tipično obliko kompleksnega mišljenja in bo imela poseben pomen za najino analizo. Ena od njenih pomembnih značilnosti je način povezovanja posameznega člena s predhodnim in naslednjim, ki so lahko povsem različni med seboj, to pa v končni instanci onemogoča prenos pomena vzdolž verige (Ibid.: 112).

Vigotski zaključuje razvoj mišljenja v kompleksih še z zadnjim načinom oz. vrsto kompleksov, ki ima zanj izjemno velik pomen tako v eksperimentalnem kot tudi v vsakdanjem mišljenju otroka. Vigotski zadnjo vrsto kompleksov imenuje »pseudopojmi«: »To vrsto kompleksa imenujemo pseudopojem zato, ker posploševanje, ki nastopa v mišljenju otroka, na zunaj spominja na pojem, ki ga v svoji intelektualni dejavnosti uporablja odrasel človek, vendar pa po svojem bistvu, po svoji duševni naravi predstavlja nekaj povsem drugega kot pojem v pravem smislu besede.« (Ibid.).

Za Vigotskega imajo pseudopojmi poseben pomen in predstavljajo določen člen, ki povezuje klico prihodnjega pojma, ki omogoča otroku neopaženo prehajanje iz mišljenja v kompleksih k pojmovnemu mišljenju. S tem se po Vigotskem končuje proces prehoda na višjo, pojmovno raven. Ne bova dalje zahajala v analizo mišljenja, ki nam jo ponuja Vigotski, ker je to za naju relativno postranska stvar. Za naju je zanimivo dejstvo, da se v človeškem mišljenju, ne glede na to, ali gre za ontogenezo ali filogenezo, javljajo procesi mišljenja, ki so funkcionalno različni.

Čeprav tu govoriva o razvojni psihologiji pri otrocih, to nikakor ne pomeni, da ti procesi, ki so značilni za predpojmovno fazo, niso prisotni tudi pri odraslem človeku, tj. v mišljenju, ki je dominantno pojmovno. To je za naju pomembno dejstvo, ki ga je zaslutil že Vigotski (*Ibid.*: 129).

Morava pa pripomniti, da čeprav Vigotski govori o razvoju človeškega mišljenja, ki od sinkretizma skozi komplekse prihaja do pojmovnega mišljenja, to nikakor ne pomeni, da je proces prehoda iz mišljenja v kompleksnih k pojmovnemu mišljenju spontan. Od tod izhaja, da lahko sklepamo, da ne glede na to, ali sprejemamo razvoj mišljenja, kot ga predlaga Vigotski, v človeškem mišljenju obstaja mišljenje v pojmih in mišljenje v kompleksih.

Drugo dejstvo, ki ga bova izpostavila, je, da ti dve obliki mišljenja nista vzporedni in ločeni med seboj. Pojmovna struktura se gradi na kompleksni ravni, kar ima za posledico, da bo pojmovna raven slonela na kompleksni ravni, čeprav bo v stalnem antagonizmu in v procesu preseganja kompleksne ravni (*Ibid.*: 209).

Ne bova se več ukvarjala s teorijo genetske psihologije Vigotskega, ker to ni bil najin cilj, temveč naju zanima vprašanje, ali je teza o obstoju predpojmovnega kompleksnega mišljenja sprejemljiva. Najino raziskovanje odnosa med kompleksnim mišljenjem in znanstvenimi pojmovnimi strukturami se začneja z analizo metafor in analogij kot bistvenih oblik mišljenja v gradnji znanstvenih teorij.

## Metafore, analogije in kompleksno mišljenje

V sestavku »Mjesto i uloga metafora i analogija u kompleksnom i pojmovnom mišljenju« (Ule, Primorac, 2006) je bil eden od najinih ciljev pokazati, kako je oblikovanje metafor in analogij odvisno od delovanja kompleksnega mišljenja, a te oblike mišljenja imajo pomembno mesto v oblikovanju znanstvenih teorij. Fleksibilnost kompleksnega mišljenja omogoča večpomenskost in prenos pomenov, ki ga poznajo analogije in še posebno metafore. A tu morava takoj opozoriti, da imata uporaba tērmina »metafora« in »analogija« ter odnos metafor nasproti pojmovnega mišljenja v znanstvenem mišljenju različen pomen kot pri dominantno kompleksnem mišljenju, kot je to na primer pri otrocih. To razliko je poudaril tudi sam Vigotski v sklopu razvojne psihologije otrok (Vigotski, 1996: 82).

Po Thomasu Kuhnu je uporaba metafor in analogij bistvena za znanost oz. znanstvene paradigme. Neko paradigmo lahko na novih primerih uporabimo šele tedaj, ko so ti primeri dovolj podobni določenim paradigmatiskim primerom, ki jih lahko razložimo na nek idealtipski način s pomočjo nove paradigmatске teorije. Nova teorija uvede spremembe v osnovne modele, analogije in metafore, s pomočjo katerih se uvede mreža podobnosti in nepodobnosti med fenomeni, ki so lahko (ali niso) primeri uspešne znanstvene razlage (Kuhn, 2000: 30, 31). Ta Kuhnov sklep je še posebno pomemben, k temu se bova vrnila pozneje.

Na sledi teh razmišljanj je najino delo predstavljalo poskus analize metafore in analogije. Osnovni vprašanji, ki se nam pri tem zastavita, sta: kako je metafora možna in od kod izvirata metaforično in analoško mišljenje? Očitno je, da se upirata eksaktnemu pojmovnemu mišljenju in izdelani pojmovni strukturi, zato moramo iskati izvore v drugem polju. Najina predpostavka je bila, da so metafore pa tudi analogije v prvi vrsti izraz delovanja kompleksnega mišljenja ali mišljenja v kompleksih.

Prav tako sva upoštevala, da se kompleksno mišljenje v odnosu do pojmovnega mišljenja vede drugače kot do samega sebe, kar pomeni, da moramo razlikovati delovanje svobodno tekočega kompleksnega mišljenja od njegove vloge v pojmovni strukturi. Najino nadaljnje raziskovanje vloge kompleksnega mišljenja v pojmovni strukturi je pokazalo, da kompleks v pojmovni strukturi in nasproti nje ostaja nekako »ukročen«, nekaj podobnega pa se dogaja tudi z metaforo. Hutten, denimo, ugotavlja: »Dejstva in fantazija živijo druga od drugih, pogosto so dejstva bolj neobičajna od fikcij /.../. Fantazija, prosta in iracionalna, mora biti najprej obvladana; a ko je enkrat ukročena, lahko postane disciplinirana fantazija znanstvenika, mi pa lahko priznamo, da je znanost kreativna.« (Hutten, 1962: 197, 198). Z Goodmanom se nam zastavlja vprašanje: »Ali je tedaj metafora enostavno mlado dejstvo, dejstvo pa preprosto stara metafora?« (Goodman, 1976: 68).

Tako lahko sklepamo, da metafore, analogije in modeli predstavljajo različne izraze odnosa med kompleksnim mišljenjem in pojmovnimi strukturami v človeškem kognitivnem prizadevanju. Preprosto rečeno – metafore so tipični izrazi kompleksnega mišljenja, ne glede na to, ali delujejo znotraj kompleksnega mišljenja kot dominantnega ali kot pomožna sestavina znotraj pojmovnih struktur. Tudi analogije predstavljajo posebno strukturiranje kompleksnega mišljenja, ki pa je usmerjeno k ustvarjanju pojmovne strukture, oz. mesto analogije je med kompleksnim in pojmovnim mišljenjem. In končno, modeli pripadajo pojmovni strukturi, vendar imajo preostanke lastnosti kompleksnega mišljenja, kot je denimo preslikavanje in prenašanje pomenov.

Ta najin razmislek naju je utrdil v domnevi, da so metafore in analogije pravzaprav izraz kompleksnega mišljenja in da imajo povsem drug pomen v dominantno kompleksnem kot v pojmovnem mišljenju. V dominantno kompleksnem mišljenju se metafore in analogije ne bodo posebej izdvajale, ker so pač sestavni deli tega načina mišljenja, ki posebej ne razmejuje posebnih funkcij kompleksov. V primeru pojmovnega strukturiranja se metafore in analogije jasno naznačujejo kot posebne oblike mišljenja z določenimi lastnostmi, tj. z lastnostmi kompleksnega mišljenja v nasprotju s pojmovnim mišljenjem, a ne pridobijo tiste natančnosti, ki odlikuje pojmovno mišljenje. Če sprejmemo genezo, ki predpostavlja, da se pojmovno mišljenje gradi na osnovi kompleksnega mišljenja kot neomejenega mentalnega polja, potem se uporaba metafor in analogij izkaže za nekaj nujnega.

Prisotnost kompleksov v gradnji znanstvenih teorij je očitna in to izhaja iz njihove vloge v nastanku znanstvenih teorij, še posebno vloge metafore kot prepoznavno drugačne oblike mišljenja od pojmovnega oz. kompleksnega mišljenja. Vprašanji, ki se nam

na tem mestu zastavljata, sta – ali se kompleksi pojavljajo tudi v sklopu same znanstvene pojmovne strukture in kakšna je tu njihova vloga?

### Vloga kompleksov v znanstveni pojmovni strukturi

Odgovor na to vprašanje sva poiskala v analizi znanstvenih teorij, tj. pojmovnih struktur v fazi zasnutka, kot je bila denimo Galilejeva fizika, in v analizi pojmovno izgotovljenih teorij, kot sta bili na primer Aristotelova fizika in Newtonova klasična mehanika.

#### *Vloga kompleksov v ustvarjanju in delovanju nedovršenih teorij*

Že v dosedANJI analizi sva pokazala, kako je kompleksno mišljenje skozi metafore in analogije prisotno v izgradnji novih znanstvenih teorij, vendar se zastavljajo vprašanja: ali v ustvarjanju znanstvenih teorij, ki presegajo kompleksno mišljenje in prehajajo v območje pojmovno-logičnega delovanja, prihaja do popolnega presejanja, in če ne, kakšna je vloga preostanka kompleksov in kakšen je njihov odnos do nove mišljenjske strukture?

Kot odgovor na ta vprašanja sva uporabila Galilejeva dela. Menila sva, da je primereno analizirati njegovo fiziko, saj po eni strani predstavlja poskus oblikovanja znanstvene teorije, po drugi pa njegov koncept znanstvene teorije ni mogel doseči tiste ravni abstrakcije, ki so jo dosegli njegovi nasledniki, še posebno Isaac Newton. Galileju manjkata denimo matematično korektna formulacija in sistematizacija fizikalne teorije, kakršni najdemo pri Newtonu. Po drugi strani pa Galilej tudi ni predstavil pojmovno tako zaključene zgradbe fizike, kot jo najdemo denimo v Aristotelovi *Fiziki*. Galileju je šlo predvsem za to, da čim bolj koherentno obrani kopernikansko teorijo o gibanju planetov pred očitki sholastičnih aristotelijancev, ni pa razvil celostne teorije fizikalnih gibanj. V sestavku »Pojava i uloga kompleksa u nekim tvrdnjama Galilea Galilea« (Ule, Primorac, 2005) sva poskušala najti odgovor na prej zastavljena vprašanja.

Pri analizi nisva upoštevala celotnega Galilejevega dela, ampak le tiste njegove dele, ki se so nama zdeli bistveni elementi njegove teorije. Analizirala sva tiste dele, ki so predstavljali največji odklon od Aristotelove in srednjeveške fizike, in to je tisto, čemur danes pravimo »kinematika«. Pravzaprav sva proučevala Galilejeve konkretne rešitve posebej izpostavljenih primerov mehanskega gibanja, kot so prosti pad, vztrajnost, horizontalni met itd. Z njimi sva poskušala razložiti način delovanja in konstrukcijo Galilejeve pojmovne strukture.

Izkazalo se je, da Galilej še nima popolne pojmovne strukture, lahko pa rečemo, da se zato njegova teorijska zasnova še giblje na kompleksni ravni mišljenja. Galilej se je zavedal pomanjkljivosti svoje teorijske zasnove, tj. nepopolnosti njene pojmovne strukture. V takšni situaciji je mogoče pričakovati močan vpliv kompleksnega mišljenja, kar vodi do določenega nihanja med kompleksno in pojmovno ravnjo mišljenja. Naslanjanje na matematično strukturo in znanstveni poskus sta Galileja vendar privela do oblikovanja presenetljivo stabilne teorijske strukture.

V nadaljevanju navajava nekaj primerov.

### *Vloga matematičnih struktur*

Lahko bi podali naslednjo razlago: zaradi razvojne poti in manka konstituirane pojmovne strukture fizikalne teorije, so se Galileju matematične strukture javljale kot edine zanesljive oblike teorijske strukture, a po drugi strani mu je prav kompleksno mišljenje omogočalo prenose pomenov iz spontanih (naivnih) fizikalnih pojmov (npr. prostor, čas, hitrost itd.) na geometrijske ali matematične bitnosti. Zaradi tega so se v Galilejevem razpravljanju lahko pojavile nekatere logične napake, kot je bila denimo njegova identifikacija povečanja poti in hitrosti (ta identifikacija namreč velja le za enakomerno in premo gibanje, ne pa na splošno). To je tipičen primer enostavne analogije, katere izvor je v kompleksnem mišljenju in njegovi sposobnosti prenosa pomenov.<sup>1</sup> Jasno je, da zgolj uvedba matematične formulacije fizikalnih zakonov ne rešuje pojmovnih problemov kompleksnega mišljenja, ampak probleme fiktivno premešča na novo raven. To dejstvo je zelo pomembno, ker bo vloga matematičnih struktur igrala odločilno vlogo pri razvoju fizikalnih teorij, vzporedno s tem pa tudi pri možnosti prikrivanja nepopolnih znanstvenih pojmov.

### *Konkretnost gibanja*

Galilejevo izvajanje ter analiza razstavljanja in sestavljanja gibanj nista dovolj splošna. Galilej je obravnaval zgolj polparabolično gibanje s horizontalno gibalno količino, nikoli pa ni denimo obravnaval poševnega meta teles; preprosto je predpostavil, da tudi v tej smeri obstaja vztrajnost. To lahko razložimo s tem, da Galilej v tem primeru uporablja metodo razstavljanja gibanj, kar je na višji pojmovni ravni kot uporaba metafor ali analogij, ker predpostavlja definicijo hitrosti kot vektorske količine, a Galilej še ni poznal tega pojma. Lahko podamo še eno razlago, zakaj Galilej ne obravnava sestavljanja gibanj tudi v drugih smereh. Kot sva že dejala, ostaja pri Galileju horizontalni met v sklopu kompleksa – zbirke naravnega gibanja, ker je sestavljeno iz enakomernega gibanja v horizontalni smeri (»vztrajnostno gibanje«) in naravno pospešenega gibanja (kot je denimo prosti pad), ki je vedno pravokotno umerjeno glede na tla. Vsaka druga smer sestavljenih gibanj, kot je denimo poševni met, po Galileju presega to enostavno kombinacijo, oz. ni zajeta v kompleks – zbirko naravnega gibanja, in je zato za Galileja zunaj dosega možne pojmovne analize.

### *Nebesna mehanika*

Galilej je bil velik zagovornik Kopernika in je zato branil stališče, da je Sonce središče vesolja, okoli Sonca pa krožijo vsi planeti. Kar je zanimivo, je dejstvo, da je Galilej vedel za Keplerjevo rešitev, po kateri so poti planetov elipse in ne krožnice. Za zgodovinarje znanosti je še bolj presenetljiva Galilejeva popolna eliminacija možnosti te ideje. Galilej se nikjer v svojem delu

---

1 V tem kontekstu moramo razumeti tudi znano Galilejevo trditev, da je knjiga narave napisana v matematičnem jeziku, vendar ta trditev ni uporabljena kot metafora, temveč – ob pomoči kompleksnega mišljenja – kot identiteta.

ni spustil v analizo Keplerja in zato ni presenetljivo, da je Einstein v predgovoru k delu *Dialog o dveh glavnih sestavov sveta* ugotavljal: »Dejstvo, da to, kar je bil odločilni napredek, ki ga je dosegel Kepler, pri Galileju ni pustil nobene sledi, groteskno ilustrira dejstvo, da ustvarjalni duhovi pogosto niso niti malo dovezetni.« (Einstein, 1967: xv)<sup>2</sup>

Nama se vendarle zdi, da ne gre za dovezetnost, temveč za nekaj drugega, bistveno bolj strukturnega. Za to sta dva argumenta. Prvi je v dejstvu, da se pri Galileju oblikuje kompleks-zbirka »naravnega gibanja« ali »stanja«, ki pripada telesu kot takšnemu. K temu naravnemu gibanju spadajo mirovanje, enakomerno premo gibanje po horizontali, enakomerno pospešeno gibanje pri prostem padu pa tudi enakomerno krožno gibanje planetov. Od tod izhaja drugi argument, kajti naravna gibanja po sebi ne potrebujejo nobene zunanje sile ali učinkovanja. Keplerjevo pojmovanje elips je terjalo uvedbo sile težnosti.<sup>3</sup> Niti Galilej niti noben njegov pristaš ni sprejemal »magijskih privlak«, temveč so iskali rešitve le v lastnosti vztrajnostnega gibanja kot »nenehnega gibanja«.<sup>4</sup>

### *Definicije fizikalnih pojmov*

Kompleksno mišljenje omogoča ustvarjanje zbirk prihodnjih pojmov in to pomaga Galileju, da, čeprav nima znanstvenih pojmov, ustvari nekakšno teorijsko osnovo za svoje eksperimentalno raziskovanje. Zato ne preseneča, da se pri branju Galileja srečujemo z več izrazi, ki označujejo isto količino, in z enim izrazom, ki ima več pomenov. To bova prikazala na osnovi problema, ki so ga imeli prevajalci *Dveh novih znanosti* v angleščino. Pogosto so bili prisiljeni v oklepajih ponuditi italijanski izraz, da ne bi nastala prevelika zmeda, denimo:

*momentum* – momento, impeto, celeritas momenta, velocita ed impeto, velocita e forza, impetum e percorsa, impetus seu momento;

*speed* – velocita, grado di velocita, momentum celeritatis, impeto, accelerazione;

*speed or momentum* – la quantita del impeto;

*initial speed* – impeto e violenza;

*force* – forza, impeto, resistenza, vigore;

*entire force* – momento totale;

*component of the force* – momento parziale.<sup>5</sup>

2 Ta citat navede tudi Erwin Panofsky, ki ob tem ugotavlja tudi: »Zdi se, da je on [Galilej] [probleme glede kroženja planetov], tako se zdi, izključil iz uma na način, ki bi mu lahko dejali postopek avtomatske izključitve tega, kar je bilo v nesoglasju z načeli, ki so vladala enako njegovi misli kot tudi njegovi domišljiji.« (Panofsky, 1954: 24)

3 Seveda tudi Kepler ni bil pripravljen na to abstrakcijo, zato je rešitev iskal tako ob pomoči kompleksnega mišljenja skozi magijsko oz. magnetno delovanje kot tudi ob pomoči pojmovanja Sonca kot božanstva, ki deluje na planete.

4 Za ilustracijo lahko navedeva Koyréjev razmislek, ki je na sledi enakemu zaključku. Po Koyréju je bil Galilejev odgovor na vprašanje, kaj sili planete k temu, da se gibljejo v krogu, tale: »Po drugi strani zato, ker je, zavračajoč aristotelsko pojmovanje gibanja, Galilej prišel do pojmovanja gibanja-stanja in do odkritja načela vztrajnosti, ki ga je razširil tudi na krožno gibanje, ali točneje, iz katerega ni izključil tega gibanja – zato Galilej torej ni imel potrebe, da se o tem sprašuje in se je po dolgem razmišljanju o problemu *a quo moventur projecta?* zadovoljil z odgovorom, ki ga je dobil – *a nihilo*.« (Koyré, 1981: 128)

5 Ta popis dodatno dokazuje, da Galilej ni prečistil pojma sile; silo pojmuje kot nekakšen impetus.

*Eksperiment*

Gledano s sodobnega gledišča, Galilejevi eksperimenti sploh niso konsistentni. Preprosto rečeno – ne moremo meriti, kar ni jasno definirano. Vendar če želimo podati natančno definicijo tega, kar naj merimo, potem moramo imeti izgrajeno pojmovno strukturo, in tu vstopamo v začarani krog. Kako naj namreč pridemo do znanstvene pojmovne strukture brez eksperimentalnih rezultatov, te pa zopet ne moremo pridobiti brez prve? Prav tu pomembno vlogo igra kompleksno mišljenje, ki se pojavlja kot določen katalizator v nastanku teorije. Kompleksno mišljenje nima moči abstrakcije, ki bi omogočala natančno definicijo, vendar s svojo fleksibilnostjo ustvarja kompleks – zbirko, psevdopojme itd., ki do neke mere omogočajo skladno interpretacijo, eksperimentalno raziskovanje ter uvrščanje doseženih rezultatov v psevdoteorijo. Takšno mišljenje »zakrpa« logične praznine in omogoča primerjavo pravkar pridobljenih pojmov ter njihovo začetno logično urejanje.

Lahko torej ugotovimo, da nova postavitev fizike, ki jo je začel Galilej, ni mogla biti prosta kompleksnega mišljenja. Vendar je to mišljenje postavljeno na višjo raven, tako da je možna organizacija, ki vsebuje pomembne zametke dejanskih znanstvenih pojmov in dejanske znanstvene teorije. Ta organizacija je bila predpostavka nadaljnjemu razvoju fizike in nastanku dominantno pojmovne organizacije, kot je bila Newtonova fizika.

Kompleksi imajo torej pomembno vlogo pri nastanku in delovanju še nedokončane znanstvene teorije ali teorije, ki je še v razvoju. Pri tem je z ene strani nastajajoča pojmovna struktura v stalnem antagonizmu s kompleksnim mišljenjem in njegovo svobodnejšo formo, po drugi strani pa je preseganje kompleksnega mišljenja postopno, kajti nova teorija za svoje delovanje in dozorevanje uporablja prav razne komplekse. S tem lahko znanstveniki, ki začnejo uporabljati in dalje razvijati to teorijo, postopoma dosežejo popolno pojmovno strukturiranje teorije, tj. zrelo znanstveno teorijo, morda primerno za novo znanstveno paradigmo.

Pri tem se nam upravičeno zastavlja vprašanje: ali zrele znanstvene teorije, tj. ustrezne teorijske pojmovne strukture, res povsem izločijo komplekse, in če ne, kakšna je potemtaka njihova vloga? Odgovor na ti vprašanji sva poiskala v analizi Aristotelove in Newtonove fizikalne teorije. Obe »fiziki« se večinoma nanašata na isto objektivno stvarnost, v tem primeru na fizikalno gibanje, natančneje na mehaniko. Oba avtorja karakterizira dokaj izgrajena pojmovna struktura, čeprav imata povsem različna metodološka pristopa. Tako denimo Aristotel v svojem opisu fizikalnega gibanja uporablja filozofsko-fenomenološki pristop brez matematičnih opisov, medtem ko Newton uporablja aksiomatski sestav, v katerem glavno vlogo igra logično-matematična formulacija zakonov gibanja. Pogojno rečeno – en pristop je ontološki, drugi pa epistemološki. Vendar to, kar se nama je zdelo ključno, je dejstvo, da pri obeh teorijah nastopata dozoreli in samoohranjajoči se pojmovni strukturi z visoko stopnjo abstrakcije, ki se jasno dvigata nad raven kompleksnega mišljenja. Analiza bi torej morala pokazati, ali v takšnih »urejenih« teorijskih sestavih obstajajo sledi kompleksnega mišljenja oz. kompleksov.



### *Vloga kompleksov v znanstveni pojmovni strukturi*

Za primerjalno analizo sva izbrala Aristotelovo *Fiziko* in Newtonovo mehaniko v njegovem delu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Aristotelova *Fizika* je bila prvi poskus znanstvene opredelitve nekaterih osrednjih teorijskih pojmov, ki so bili pomembni za ves nadaljnji razvoj znanosti, še posebno fizike, Newtonovi *Principia* pa predstavljajo prvi pojmovno in formalno zaključen prikaz mehanike kot temelja celotne fizike. Za Aristotela so bili temeljni fizikalni pojmi pojmi gibanja, mesta, prostora, časa ipd. Analiza pojmovnega sestava Aristotelove *Fizike* se obenem navezuje na najino širšo primerjavo kompleksnega in pojmovnega mišljenja pri Galileju, Newtonu in Einsteinu, vendar se v tem sestavku (na kratko) omejujeva na Aristotela in Newtona.

Aristotelova *Fizika* je zanimiva še zaradi enega dejstva, namreč zato, ker pripada tistim pojmovnim strukturam, ki jim lahko rečemo »pojasnitvene«, kajti Aristotel konsistentno razlikuje predmet matematike od predmeta fizike: medtem ko se prva ukvarja, recimo temu, z abstrakcijami, ločenimi od empirične stvarnosti, tj. s samo pojmovno strukturo, se druga ukvarja s kompleksnejšo abstrakcijo od naravnih gibanj (Aristotel to razliko nazorno pojasnjuje razliko med zakrivljenostjo in zavistostjo). Takšna pojmovna organizacija, očiščena matematičnih struktur in usmerjena k empiričnim danostim, predstavlja plodna tla za prepoznavanje in vlogo kompleksov.

Ko analiziramo pojmovno strukturo Aristotelove *Fizike*, lahko tudi v njej opazimo obstoj kompleksov. Eden od po najinem mnenju temeljnih »pojmov«, kot je denimo pojem mesta, predstavlja psevdopojem, natančneje kompleks – zbirko. Poudariti morava, da ima »mesto« v Aristotelovi *Fiziki* izjemno pomemben položaj. Je namreč ključen za njegovo razlago gibanja, kakor pravi tudi sam: »Predvsem moramo razumeti, da se o mestu ne bi moglo niti misliti, če ne bi obstajalo posebno gibanje, namreč ono v odnosu na neko mesto.« (Aristotel, 1992: 211a)

Empirični pojem mesta oz. lokalitete je osnovni izvor kompleksov v Aristotelovi *Fiziki*. Iz neposredne izkušnje izhajajo, da vse, kar obstaja v fizičnem svetu, mora biti nekje, a ne more biti istočasno na dveh mestih. To izkustvo je tako osnovno, da ga Aristotel postavlja na raven kategorije, čeprav imamo lahko tudi kategorije za diskutabilne pojmovne strukture.

Prepletenost Aristotelovega pojmovanja »mesta« in neposrednega čutnega izkustva lahko nazorno prikažemo na naslednjem primeru zbirke raznih Aristotelovih definicij »mesta«:

- $A_1$  – mesto je to, kar vsebuje to, od česar je mesto;
- $A_2$  – neposredno mesto neke stvari ni ne manjše ne večje od stvari;
- $B_1$  – stvar se lahko loči od danega mesta in ga zapusti;
- $B_2$  – mesto ni del stvari.

Definicija  $A_1$  izhaja iz neposredne izkušnje, da je mesto tisto, kar vsebuje to, od česar je mesto, izjava  $A_2$  pa izhaja iz logične strukture kot posledica osnovnega pojma Aristotelove fizike, ki je pojem zveznosti. Če bi bila stvar torej večja od svojega mesta, potem bi

obstajale stvari ali deli stvari, ki se ne bi nahajali nikjer. Po drugi strani – če bi bilo mesto večje od stvari, potem bi iz tega izhajal obstoj praznine, kar nasprotuje Aristotelovi zahtevi po zveznosti substance. To pomeni, da sta stvar in njeno mesto nujno kompatibilna. Po drugi strani tudi definicija  $B_1$  izhaja iz izkušnje. Iz empirične ugotovitve, da nekaj, kar se nekje nahaja, lahko to mesto zapusti, izhaja možnost razdvojitve stvari od danega mesta, kjer se nahaja. Ta možnost je nujna za opis gibanja. Od tod izhaja izjava  $B_2$ . Gre za kompleks – zbirko »mesta«, ki jo Aristotel nujno potrebuje zaradi svoje teorijske strukture fizike, pri čemer ima »mesto« središnji pomena za razlago gibanja. Ker pa je »gibanje« relacijski pojav (gibanje terja odnos med mestom, ki ga stvar zapusti, in mestom, v katerega prihaja), je možnost razdvojitve stvari od njenega (aktualnega) mesta nujna. V nasprotnem primeru bi imeli le nekakšno hipno »fotografijo« sveta.

Dejstvo, da nekateri osnovni »pojmi« v Aristotelovi fiziki, kot je denimo »pojem mesta«, kažejo vse značilnosti kompleksov (npr. nedefiniranost, ki je lastnost zbirke spontanih (psevdo)pojmov, in tesna povezanost s konkretnostjo in čutno danostjo). Dejstvo, da ima pri Aristotelu navedeni kompleks ključno vlogo v njegovi teorijsko-pojmovni strukturi, ima namreč vlogo osnovnega »regulatorja« te strukture, mu pomaga pri definiciji gibanja in omogoča oddvajanje stanja mirovanja od gibanja. Pri tem mehanično gibanje predstavlja neko vrsto absolutne spremembe ipd. To je zelo pomembno za Aristotelovo pojmovanje fizike. V končni instanci omogoča delitev gibanj na naravna in prisilna, čemur ustreza tudi podobna delitev celotnega sveta.

Zanimivo je, da na podobno situacijo, namreč na pojav kompleksov kot nadomestek za izdelan temeljni pojem, naletimo tudi pri Newtonu. V sestavku *Gravitacija kao kompleks u pojmovnoj strukturi Newtonove fizike* (Ule, Primorac, 2007) sva namreč prišla do podobne ugotovitve, vendar je ta situacija pri Newtonu vendarle drugačna, saj je pri njem govora o drugače (in bolje) zasnovani pojmovni strukturi kot pri Aristotelu.

V tem sestavku sva ugotavljala, podobno kot v prejšnjih primerih, da pojmovna struktura nove teorije kompleksov ne iztisne povsem, oz. da kompleksno mišljenje v nastali pojmovni strukturi pridobi neko novo vlogo. Pri Newtonu se to najbolj izrazito kaže pri njegovi uvedbi pojma težnosti. Newtonova razlaga pojava težnosti ima namreč vse značilnosti kompleksa, ne pa logično strogo urejenega pojma.

Sam »pojem sile« je tudi sicer eden od najtežavnejših pojmov celotne filozofije narave in znanosti. Večina filozofov in znanstvenikov, ki so proučevali zgodovinski razvoj tega pojma, se strinja s tem, da naivni in antropomorfní pojem sile izhaja iz predfilozofske in predznanstvene izkušnje. Mirno lahko rečemo, da se antropomorfní pomen »pojma sile« povezuje z mišičnim naporom, ki ga občutimo pri dviganju kakega bremena ali pri premagovanju kakih ovir. Ta naivni pomen se nato iz žive narave prenaša na neživo ter se ga razume kot notranje, vrojeno načelo fizičnih predmetov.

Opozoriti morava na še eno zanimivo dejstvo, ki je prišlo do izraza še posebno pri Newtonu, namreč da je enkrat izoblikovana pojmovna struktura Newtonu nalagala

rešitve pojmovnega določanja sile težnosti, vendar tega ni mogel doseči. Namesto tega se v njegovi teoriji pojavlja kompleks – zbirka oz. psevdopojem, ki onemogoča koherentno delovanje pojmovne strukture. Newton se je tega dejstva zavedal in se je zato izogibal poskusom dokončnega reševanja tega problema. Predvsem ta problem je privedel do njegove znamenite izjave »*Hypotheses non fingo*«, ki pravzaprav predstavlja zavedanje, da se njegov pojem univerzalne težnosti v njegovi pojmovni strukturi pojavlja kot sumljiva rešitev. Vendar delovanje nepopolne pojmovne strukture in potreba po izpopolnitvi še neizdelane pojmovne strukture presegata kontekst subjektivnih domnev, zato se Newtonu vsiljuje kompleks – zbirka univerzalne težnosti kot neizogibna domneva. Da to drži, kaže tudi nadaljnje zgodovinsko oblikovanje pojma težnosti, pri čemer so Newtonovi nasledniki in učenci brez njegove opreznosti sprejemali katero od možnih razlag težnosti, tj. kompleksa težnosti (gl. Koyré, 1981: 141–145; Yammer, 1957: 123).

Čeprav se Newton v določeni meri zaveda svoje nemoči v poskusu opredelitve sile težnosti, je pri reševanju svojih teoretskih problemov prav tako prisiljen uporabiti pojmovno neizgrajene predstavne komplekse. Njegovo razmišljanje kaže celoten razpon odnosov med pravkar izoblikovano novo pojmovno strukturo in še ne prevladanim kompleksnim mišljenjem. Tako lahko pridemo še do nekaterih splošnejših ugotovitev, denimo da je v Newtonovem miselnem delu prisoten stalen boj med nastajajočo novo pojmovno strukturo mehanike in kompleksnim mišljenjem. Newton denimo razpravlja o etru, pri čemer uporablja pojmovno strukturo svoje fizike, v kateri mora vsak materialni agens izzvati ustrezen odpor pri tistih materialnih predmetih, s katerimi je v fizični interakciji. To izključuje naivno predstavo o etru kot vseobsežnem finem fluidu, ki zajema vse fizične stvari in na katerega stvari nič ne vplivajo. Zato je Newton po nekaj poskusih fizikalno korektnega formuliranja pojma etra zavrnil hipotezo o etru kot sredstvu za razlago sile težnosti. Pojem oz. predstava o etru je primerek kompleksa, ki je Newton ni potreboval več. Po drugi strani pa Newtonov na novo uvedeni pojem univerzalne sile težnosti nima tiste prostosti in svojevoljnosti, kot je poznajo kompleksi v dominantno kompleksnem mišljenju, temveč je omejen z zahtevami nove teorijsko-pojmovne strukture Newtonove mehanike. Newton si je zato pomagal z uvedbo n-materialnega agensa, kot je denimo božje hipno delovanje na vse stvari. Newton temu delovanju pripisuje lastnost, da ne izziva odpora pri gibanju planetov. Ta zahteva sicer izhaja iz njegove pojmovne strukture, vendar uporablja povsem metaforično in analoško koncepcijo sile težnosti, pri čemer uporabi analogijo med božjim pomikanjem nebesnih teles in človekovim premikanjem svojih udov. Prav ta analogija kot izraz kompleksnega mišljenja je Newtonu konec koncev omogočila prenos pomena iz fizičnega delovanja na matematično bitnost in domnevo, da gre le za »matematično silo« (Koyré, 1981: 141).

Dosedanja analiza je pokazala, kako pojmovna struktura, tj. znanstvena teorija, lahko sloni na ravni kompleksnega mišljenja, vendar jo presega ob formulaciji stroge znanstveno-logične oblike, a ta postopek očitno nikoli ni popoln. Ni treba, da ima

kompleksno mišljenje vedno retrogradni učinek na znanstveno mišljenje, saj lahko omogoča tudi dokaj koherentno delovanje pojmovne strukture, in sicer toliko časa, dokler ne nastopijo ustrezni teoretski pojmi oz. dokler se ne razvije ustrezna reorganizacija pojmovne strukture. Nova reorganizacija bo verjetno prizadela osnovne pojme prvotne teorije, ki so v osnovi še kompleksni in ne dejanski pojmi. Tak primer kaže denimo usoda »pojma« mesta v nadaljnjem preoblikovanju aristotelske fizike ali usoda »pojma« sile težnosti v nadaljnjem preoblikovanju newtonske fizike. Vse to kaže na še eno lastnost razmerja med kompleksnim in pojmovnim mišljenjem v pojmovnih formulacijah novih znanstvenih teorij, to pa je odvisnost pojmovnega strukturiranja teorije od kompleksne ravni mišljenja. To dejstvo nalaga nekatere začetne pogoje ustvarjanju nove pojmovne strukture, namreč odvisnost te strukture od neke splošnejše organizacije mišljenja, ki je v osnovi (še) na kompleksni ravni. Najina analiza je pokazala veliko podobnost med temi začetnimi pogoji za pojmovno organizacijo, ki ji lahko rečemo »znanstvena paradigma« in kompleksni oz. natančneje kompleksni – zbirke.

### Paradigma in kompleksno mišljenje

V sestavku »Paradigma i kompleksno mišljenje« (Ule, Primorac, 2008; 2009) sva analizirala delo Thomasa Kuhna in poskušala odkriti možno povezavo med idejo kompleksnega mišljenja in Kuhnovo teorijo znanstvenih paradigem ter znanstvenih revolucij. Ta analiza je pokazala, da tudi Kuhnov pojem znanstvene paradigme predstavlja neke vrste »meta-kompleks«, ki ima ustrezno vlogo v ustvarjanju novih znanstvenih teorij.

Vendar obstaja še ena dimenzija, ki sva jo analizirala, to pa je Kuhnov odnos do pojma znanstvene paradigme in vprašanje, kako ta njegov pojem deluje v njegovi teoriji znanstvenih revolucij. Kuhn nikakor ni predpostavljal, da je paradigma splošni kompleks, temveč je poskušal podati definicijo, a pri tem so se pojavile določene nejasnosti. Pokazalo se je, da Kuhn pravzaprav ne more podati stroge definicije paradigme, ker ta ne pripada pojmovni strukturi. Problem definicije paradigme oz. raznih paradigem izhaja, kot smo videli, iz dejstva, da spada h kompleksom in da je vsak poskus jasne definicije že vnaprej obsojen na propad.

Kuhn ne more podati jasne definicije, namesto tega pa podaja razne interpretacije, ki se oblikujejo v dveh različnih smereh. Po eni strani s »paradigmo« označuje celotno strukturo prepričanj, vrednotenj, tehnik itd., ki si jih medsebojno delijo člani določene znanstvene skupnosti, po drugi strani pa tako označuje določeno vrsto sestavin v tej strukturi, namreč tiste rešitve znanstvenih ugank, ki jih, uporabljene kot vzorčni primeri (modeli) reševanja znanstvenih ugank, lahko zamenjajo eksplicitna pravila za reševanje znanstvenih vprašanj normalne znanosti (Kuhn sicer jasno razlikuje med »problemi«, ki jih vzorčno razrešujejo paradigmatični modeli, in »vprašanji«, ki se jih rešuje po določenih postopkih v okviru dane znanstvene paradigme) (Kuhn, 2002: 315). Različni opredelitvi

paradigme sta posledici različne vloge kompleksnega mišljenja, namreč kot splošnega kompleksa, ki ima svojo sociološko-teorijsko dimenzijo, in delov kompleksa, ki imajo svojo vlogo stabilizatorja pojmovne strukture.

V Kuhnovi teoriji znanstvenih revolucij koncept znanstvene paradigme predstavlja neke vrste »meta-kompleks«, ki nikoli ne postane znanstveno izdelan pojem. To ima ustrezne posledice za Kuhново teorijo. Uporaba koncepta paradigme kot kompleksa – zbirke denimo omogoča prenašanje pomenov, posebno v Kuhnovi primerjavi učinka uvedbe nove paradigme z učinkom gestalta v percepciji (Kuhn, 2002: 114, 121, 159). Od tod izhaja, da po spremembi paradigme, torej tudi temeljne znanstvene teorije, sledi temeljita sprememba oz. znanstvena revolucija. To pomeni, da se sprememba lahko zgodi le pri takšnih teorijah, ki so jasno strukturirane, tj. sistematične in medsebojno jasno razlikovane, kar končno vodi do t. i. ne-soizmerljivosti »stare« in »nove« teorije. To razumevanje znanstvene revolucije ima ustrezne posledice za druge Kuhnovе koncepte, kot so »znanstvena revolucija«, »ne-soizmerljivost«, »normalna« oz. »izjemna znanost«. Ker splošni kompleks nima jasnih meja, njegova raba dopušča terminološke, formalne in pojmovne zmede v poskusih jasnejšega opredeljevanja.

Po eni strani ne-soizmerljivost različnih teorij, po drugi strani pa izmenjava sistematičnih teorij in revolucionarna zamenjava paradigem narekujeta še eno posledico: monopolni položaj določene znanstvene teorije nad drugimi. Tak monopolni položaj ene teorije nad drugimi je precej sporen in so ga Kuhnovi kritiki (denimo K. Popper, I. Lakatos, P. Feyerabend, S. Toulmin) močno kritizirali (glej Lakatos, Musgrave, 1970). Gledano metodološko se zdi, da je največja pomanjkljivost Kuhnovеga pojmovanja razvoja znanosti prav njegova teza o teoretsko-konceptualnem monopolu vladajoče paradigme. To izključuje možnost sočasnega obstoja vsaj dveh, a morda treh in več paradigem. Nič ne preprečuje tega, da bi se lahko t. i. »normalna znanost« zasnovala na več kot eni znanstveni paradigmi, in to ne le v različnih časovnih obdobjih, ampak tudi istočasno.

Kuhnovi prikazi svoje teorije po izidu njegove druge izdaje dela *Struktura znanstvenih revolucij* leta 1970 so bili bistveno različni. V njih je zagovarjal tezo, da se lahko zgodi, da nek popoln korpus znanstvene teorije (npr. Newtonova fizika) ni enovit, koherenten logični sistem, ki ga moramo v celoti sprejeti ali zavreči, ampak je prej nekaj, kjer se lahko temeljite spremembe dogajajo le delno in postopno (o tem glej Kuhn, 2000). Dokler se spremembo alternativnih paradigem razume kot zamenjavo povsem »koherentnih struktur«, pojmov in tērminov, se nam vsiljuje klasična razlika med revolucionarnimi in normalnimi fazami znanstvenih sprememb, vključno z njihovimi paradoksalnimi posledicami (denimo domnevne trenutne gestaltistične preobrazbe iz nasprotnikov v zagovornike nove paradigme ali »dogmatično« vztrajanje pri »stari« ali »novi« paradigmi). Takoj ko opustimo to predpostavko, nam ni treba braniti niti kakega »gladko povezanega« prikaza razvoja in pojmovne strukture naravoslovnih znanosti niti strogo »revolucionarnega« prikaza sprememb zaporednih znanstvenih paradigem.

## Smeri nadaljnjega raziskovanja

Vsekakor bi bilo treba izvesti tudi analizo Einsteinove teorije (posebne in splošne) relativnosti in primerjati njeno miselno-konceptualno izgrajenost z miselno-konceptualno izgrajenostjo Newtonove fizike, s poudarkom na vlogi kompleksov v obeh teorijah. Takšna primerjava bi nam lahko dala odgovor na sledeča vprašanja: kdaj in kako se v preobrazbah znanosti miselni kompleksi zamenjajo s koncepti ali pojmi, ali se pri tem ustvarjajo novi kompleksi in zakaj? Takšna analiza bi morda lahko razložila pojav nastajanja in ustvarjanja kompleksov oz. psevdopojmov v Newtonovi in Einsteinovi teoriji, pri čemer se obe teoriji nanašata na razlago iste fizične stvarnosti.

Domnevava pa, da nam pojmovno-konceptualna analiza kvantne mehanike in pojmovnih struktur raznih teorij, ki razlagajo kvantne pojave, lahko ponudi drugačen pristop k razumevanju vloge mišljenja v kompleksih. Razlog za slednje je v odnosu »kvantnih« teorij do fizične stvarnosti in v različni vlogi empiričnih pojmov v »kvantni« in »nekvantni« fiziki. Kot vemo, se osnovno kompleksno mišljenje v svojem razvoju naslanja neposredno na čutno izkušnjo. Tudi pojmovna struktura, ki preseže kompleksno raven mišljenja, se naslanja na čutno izkušnjo, vendar pa kvantna mehanika, kot je znano, ni v neposrednem stiku s čutno izkušnjo, na katero pa se posredno sicer nanaša (denimo prek izračunavanja verjetnosti za nastop čutno opazljivih pojavov določene vrste v danih situacijah eksperimentalnega opazovanja učinkov kvantnih pojavov). Ta analiza bi morala odgovoriti na vrsto vprašanj, kot sta denimo sledeči: v kakšni obliki se v razlagah in razumevanju kvantnih pojavov izkazujejo miselni kompleksi, in če se, kakšna je njihova vloga? Prav tako je znano dejstvo, da ne obstaja enoličen opis kvantnomehanskih pojavov, temveč obstaja več podobnih ali celo nasprotnih si teorij. Treba bi bilo razložiti vzroke za takšno stanje.

Naslednji pomemben korak bi bila analiza razmerja med kompleksnim mišljenjem in njegovo »poljubnostjo«. A znano je tudi to, da obstajata tako individualna geneza in odkrivanje logično-matematičnih struktur kot tudi filogeneza teh struktur in zelo verjetno je, da je imelo kompleksno mišljenje v tej filogenezi določeno vlogo. Pri tem moramo odgovoriti na več vprašanj, kot je denimo: kako je mogoče, da stroge miselno-pojmovne forme, ki so sicer izšle iz polja kompleksnega mišljenja, v svoji filogenezi pozneje obstajajo strogo ločene od svojega izvora, oz. ali so res tako samozadostne, kot se nam zdijo?

## Literatura

- Aristotel (1992). *Fizika*. Prevedel Tomislav Ladan. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada.
- Einstein, A. (1967). »Foreword«. V Galilei, G., *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, Berkeley: University of California Press: vi-xx.
- Galilei, G. (1967). *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. Berkeley: University of California Press.
- Goodman, N. (1976). *Languages of Art*. Indianapolis: Hackett.

- Hutten, E. (1962). *The Language of Modern Physics*. London: George Allen and Unwin.
- Koyré, A. (1981). *Naučna revolucija*. Beograd: Nolit.
- Kuhn, T. (2000). »What are Scientific Revolutions?«. V Kuhn, T., *The Road Since Structure*, Chicago: The University of Chicago Press, str. 13–32.
- Kuhn, T. (2002). *Struktura znanstvenih revolucija*. Zagreb: Jesenski i Turk.
- Lakatos, I. in Musgrave, A. E. (ur.) (1970). *Criticism and the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Panofsky, E. (1954). *Galileo as a Critic of the Arts*. La Haye: Martinus Nijhoff.
- Ule, A. in Primorac, Z. (2005). »Pojava i uloga kompleksa u nekim tvrdnjama Galilea Galileija«. *Prolegomena*, 4 (1), str. 3–28.
- Ule, A. in Primorac, Z. (2006). »Mjesto i uloga metafora i analogija u kompleksnom i pojmovnom mišljenju«. *Prolegomena*, 5 (1), str. 29–51.
- Ule, A. in Primorac, Z. (2007). »Gravitacija kao kompleks u pojmovnoj strukturi Newtonove fizike«. *Mostariensia, Časopis za humanističke znanosti*, 25, str. 3–28.
- Ule, A. in Primorac, Z. (2008). »Paradigma i kompleksno mišljenje 1«. *Hum Časopis Filozofskog fakulteta*, 4, str. 164–188.
- Ule, A. in Primorac, Z. (2009). »Paradigma i kompleksno mišljenje 2«. *Hum Časopis Filozofskog fakulteta*, 5, str. 125–144.
- Vigotski, L. S. (1996). *Sabrana dijela, 2: Problemi opšte psihologije*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Yammer, M. (1957). *Concepts of Force*. London: Oxford University Press.