

# Pojava i uloga kompleksa u nekim tvrdnjama Galilea Galileija

ZORAN PRIMORAC

Sveučilište u Mostaru, Pedagoški fakultet, Ulica Matice hrvatske bb, BiH-88000 Mostar  
xyzprimorac@yahoo.com

ANDREJ ULE

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta – Oddelek za filozofijo, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana  
andrej.ule@guest.arnes.si

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK / PRIMLJENO: 09-02-05 PRIHVAĆENO: 25-05-05

---

**SAŽETAK:** Raspravljamo o ulozi predpojmovnog kompleksnog mišljenja u znanstvenoj spoznaji i razvoju znanosti. Kompleksno mišljenje sa svom heterogenošću i imaginacijom omogućuje održavanje pojmovne strukture i reorganizaciju cjelokupnih teorijskih mreža, ali to “naplaćuje” latentnim prisustvom protuslovlja i nekonzistentnosti. Članak se nastavlja na našu analizu odnosa između kompleksnog i pojmovnog mišljenja u Aristotelovoj *Fizici*. Ako je kod Aristotela središnji kompleks pojam “mjesta”, kod Galileija je osnovni kompleks zbirka gibanja-stanja. Galilei još nema izrađenu potpunu pojmovnu strukturu mehanike pa možemo reći da je njegova teorijska osnova uronjena u kompleksnu razinu, ali se oslanja na matematičku strukturu i eksperiment i time uspijeva formirati jednu stabilnu teorijsku organizaciju. Time dobiva osnovu za novu teorijsku sistematizaciju i za formiranje pojmovne strukture kakva je Newtonova. Možemo u izvjesnom smislu reći da je time kompleksno mišljenje u znanosti bilo podignuto na višu razinu i dovedeno u pred-paradigmično razdoblje.

**KLJUČNE RIJEČI:** Kompleks, pojam, znanstvena spoznaja, prirodno gibanje, inercija.

---

## 1. Uvod – postavljanje problema

Posljednje dvije faze u razvoju mišljenja po shvaćanju suvremene razvojne psihologije su takozvano kompleksno mišljenje ili mišljenje u kompleksima te pojmovno mišljenje.<sup>1</sup> Ova su dva mišljenja funkcionalno različita i – ono što se čini bitnim – pojmovno mišljenje u svojoj genezi slijedi nakon faze mišljenja u kompleksima. Kompleksno mišljenje prethodi pojmovnom strukturiranju kako u svojoj genezi tako i u funkcionalnom smislu. Možemo slikovito reći da se pojmovna struktura gradi na toj osnovi i u stalnoj je *borbi* s njom, tj. borbi između proizvoljnosti procesa i njegove usmjerenosti i jednoznačnosti.

---

<sup>1</sup> Vidi npr. Vigotski, 1977 i Piaget, 1983.

Neke osnovne razlike između kompleksnog i pojmovnog mišljenja možemo ukratko opisati na sljedeći način. Pojmovno mišljenje pretpostavlja postojanje pojmovne strukture i pojam kao element te strukture koji unutar nje funkcionira. Pojam je definicijom jednoznačno i trajno određen u navedenoj strukturi. Kod kompleksa i kompleksnog mišljenja situacija je drugačija, jer ne postoji stalna struktura, odnosno kompleks nema organizaciju, a kompleksno mišljenje ima proizvoljan ili, drugačije rečeno, fluktuirajući karakter.<sup>2</sup> No ni u kompleksnom mišljenju nemamo potpunu proizvoljnost ili besmislenost, budući da se i ono organizira na određenim načelima – tako Vigotski, na primjer, razlikuje neke vrste kao što su lančani kompleks, kompleks zbirka, pseudopojam itd.

Pojam kompleksnog mišljenja ili mišljenja u kompleksima pojavljuje se u eksplicitnom obliku kod L. Vigotskog. Obratimo pozornost, u kratkim crtama, na neke karakteristike ovog razdoblja razvoja mišljenja. Vigotski, kao i Piaget, pretpostavlja razvojni put mišljenja od jednostavnijih oblika do pojmovnog.

Osnovni rezultat našeg ispitivanja s genetičkog stajališta može se formulirati kao opći zakon, koji glasi da razvitak procesa koji kasnije izazivaju stvaranje pojmova počinje u najranijem djetinjstvu, ali tek u pubertetu sazrijevaju, oblikuju se i razvijaju one intelektualne funkcije koje u osobnom spoju čine psihičku osnovu stvaranja pojmova [Vigotski, 1977, str. 142].

Posljednja faza u razvoju, kao prijelaz k pojmovnom mišljenju, jest kompleksno mišljenje koje je, kako kaže Vigotski, sinkretičko i objektivno mišljenje. “Za ustrojstvo kompleksa najvažnije je to što se ono ne zasniva na apstraktnoj i logičnoj, nego na *konkretnoj i stvarnoj povezanosti pojedinih elementa* od kojih se sastoji” (Vigotski, 1977, str. 148, kurziv dodan). Ovdje imamo jednu bitnu implikaciju da kompleksno mišljenje nema snagu apstrakcije na apstraktno-logičkoj razini nego na razini konkretno-činjeničnog mišljenja. Kao i pojam, kompleks je poopćavanje ili spoj konkretnih raznorodnih predmeta, ali su veze stvarne, slučajne, konkretne. Dok se pojam zasniva na stvarnim, logički istovjetnim vezama, kompleks se zasniva na najraznovrsnijim stvarnim, ali slučajnim vezama.

Ova dva oblika mišljenja u stalnom su antagonizmu. Tako Vigotski navodi da, primjerice, u povijesti jezika zapažamo neprestanu borbu između mišljenja u pojmovima i drevnog mišljenja u kompleksima. Ne samo to, nakon razvojnog puta, tj. poslije doba puberteta, i kod odraslog čovjeka može se uočiti prisutnost kompleksa u običnom svakodnevnom mišljenju. “Čak ni odrastao čovjek ni izdaleka ne misli uvijek u pojmovima. Vrlo često

---

<sup>2</sup> Nećemo se baviti definicijom pojmova i njihovim klasifikacijama već nam je za ovo razmatranje dovoljna činjenica da su oni dio pojmovne strukture i da su jednoznačno određeni nekom definicijom. U promišljanju definicije pojma, kao što znamo, postoje razna oprečna mišljenja kao što je formalistička, psihologistička, nominalistička ili pak vulgarno-materijalistička teorija pojma, ali svi se ovi stavovi moraju složiti s jednom činjenicom, a to je da znanstveni pojmovi funkcioniraju u pojmovnoj strukturi i njihov je položaj strogo određen u toj strukturi.

njegovo mišljenje teče na razini kompleksnog mišljenja, spuštajući se ponekad do još elementarnijih, još primitivnijih vidova” (Vigotski, 1977, str. 177). Ovakav stav ima jednu bitnu posljedicu, a to je da razvoj mišljenja koje ima svoju vremensku odrednicu samo po sebi ne dovodi do spontane zamjene kompleksnog mišljenja pojmovnim. Taj je proces na nekoj drugoj razini, a ne razini jednostavnog razvoja ili metamorfoze, tako da se s pravom može pretpostaviti da je taj proces stalan i vremenski neograničen.

Vigotski dalje razlikuje mnogo tipova kompleksa, npr. asocijativni kompleks,<sup>3</sup> kompleks zbirka,<sup>4</sup> lančani kompleks,<sup>5</sup> difuzni kompleks<sup>6</sup> i pseudopojmove.<sup>7</sup> Namjerno smo dali definicije navedenih kompleksa bez posebnog komentara i to onako kako ih Vigotski izvodi, jer su nam oni dovoljni samo u smislu prisutnosti u predpojmovnom mišljenju. Problematika kojom se Vigotski nije posebice bavio, a nama je ovdje zanimljiva jest kako dolazi do zamjene kompleksa s pojmom, odnosno kakva je uloga i postoji li ona u dominantnom pojmovnom mišljenju, tj. u pojmovnoj strukturi? Naime, trebalo bi očekivati da će uloga – dakako, ako postoji – kompleksa na pojmovnoj razini imati nešto drugačiju funkciju nego na razini kompleksnog miš-

<sup>3</sup> “*Bilo koji konkretan odnos koji dijete otkriva, bilo koja asocijativna veza među jezgrom i elementom kompleksa dovoljan je razlog da dijete taj predmet uvrsti u grupu koju sakuplja i označi zajedničkim obiteljskim imenom*” (Vigotski, 1977, str. 149).

<sup>4</sup> Poopćavanje predmeta na osnovi njihova sudjelovanja u istoj praktičnoj radnji, na osnovi *njihove funkcionalne suradnje*.

<sup>5</sup> “... *lančani kompleks* možemo smatrati *najčistijim vidom kompleksnog mišljenja*, jer je – različito od asocijativnog kompleksa, u kojemu ipak postoji nekakvo središte, koje zauzima uzorak – ovaj kompleks lišen svakog središta” (Vigotski, 1977, str. 153). “... *dinamičko, privremeno spajanje pojedinih karika u jedinstven lanac i prenošenje značenja preko pojedinih karika toga lanca*...” (Vigotski, 1977, str. 151). Ono što je vrlo bitno, zbog svoje amorfnosti, kompleksno mišljenje mora biti opažajno-konkretno i osjetilno predodžbeno. “Svaka karika, uključujući se u kompleks, postaje podjednako ravnopravan član toga kompleksa kao i sam uzorak, i opet na osnovi asocijativnosti može privući niz konkretnih predmeta” (Vigotski, 1977, str. 152). Također ne postoji hijerarhijska povezanost jer ta je povezanost moguća samo u pojmovnoj strukturi. “Za razliku od pojmova, u kompleksu nedostaju hijerarhijska povezanost i hijerarhijski odnosi svojstava. Sva su svojstva funkcionalno jednaka” (Vigotski, 1977, str. 152). “... jedna [je] izvanredno bitna crta kompleksnog mišljenja, naime: neodređenost njegovih kontura i načelna bezgraničnost” (Vigotski, 1977, str. 154).

<sup>6</sup> “... *kompleks koji pomoću difuznih, neodređenih veza spaja opažajno-konkretno grupe likova ili predmeta*” (Vigotski, 1977, str. 153).

<sup>7</sup> “Ovu vrstu kompleksa nazivamo pseudopojmom zbog toga što poopćavanje koje nastaje u mišljenju djeteta podsjeća po vanjskom izgledu na pojmove kojima se u svojoj intelektualnoj djelatnosti koristi i odrastao čovjek, ali ujedno po svojoj biti, po svojoj psihičkoj naravi predstavlja nešto sasvim različito od pojma u pravom smislu riječi” (Vigotski, 1977, str. 155). Za nas su možda najznačajniji baš pseudopojmovi, koji svojim vanjskim “izgledom” podsjećaju na prave pojmove, ali su u biti neizgrađeni, nedostupni preciziranju i raspadaju se često na razne kontrarne pojmove ili nove pseudopojmove. Kada Vigotski govori o fenomenu da pseudopojmovi po svom vanjskom “izgledu” podsjećaju na prave pojmove, onda on prije svega misli da se riječi primjenjuju kao pojmovi, a definiraju kao kompleksi. Znači formalno izgleda da je prisutan “pravi” pojam, ali njegov sadržaj odgovara svojstvu kompleksa. Ovdje se nećemo podrobnije baviti analizom kompleksa kod Vigotskog, jer nam je cilj evidentirati fenomen i pokušati ga otkriti u pojmovnoj strukturi. Zapravo se moramo zaustaviti u toj točki s korištenjem rezultata istraživanja Vigotskog, jer on je uglavnom razmatrao razvojnu psihologiju, dok nama nije cilj bavljenje psihološkim fenomenima nego, ako je to moguće, problem prebaciti na epistemološku razinu.

ljenja. Razlog bi vjerojatno trebao biti u tome što dominantna pojmovna struktura neće dopustiti onu "fluidnost" kompleksa koji bi inače imao izvan te strukture. Tako, na primjer, neki kompleks u dominantno kompleksnom mišljenju može tvoriti, kraće ili duže, bilo koje asocijativne veze s drugim kompleksima, dočim takvo što u pojmovnoj strukturi neće biti moguće.

Postoji još jedno svojstvo iz kompleksne razine koje nam se čini zanimljivo, a to je da u kompleksu "konkretni" predmeti zadržavaju autonomnost. Vigotski daje jedan dobar primjer:

Tako su Rimljani istom riječju označavali visok i dubok. To spajanje suprotnih značenja u jednoj riječi moguće je samo *na osnovi kompleksnog mišljenja*, u kome se svaki konkretan predmet, ulazeći u kompleks, samim tim ne sjedinjuje s drugim elementima tog kompleksa, nego zadržava svu svoju *konkretnu samostalnost* [Vigotski, 1977, str. 162, kurziv dodan].

Kada govorimo o "konkretnim" predmetima kojima operira kompleksno mišljenje, onda moramo napomenuti da u kasnijoj fazi razvoja, tj. u predpojmovnoj fazi, važnu ulogu elemenata operacije čine takozvani "spontani pojmovi" (neki autori ove pojmove zovu još i "empirijski" pojmovi, naglašavajući time njihovu neposrednost).

Pojmovno mišljenje upravo nastaje na toj osnovi i *borba* sa spontanim pojmovima, kompleksima i kompleksnim mišljenjem sastoji se upravo u tome što ono ima cilj "ukrotiti" tu proizvoljnost. Prema mišljenju Vigotskog i genetičke epistemologije, pojmovno mišljenje odnosno pojmovna struktura nastaje u sistematičnom usvajanju već postojećih struktura. No imamo još jednu dimenziju, a to je da u ljudskoj svijesti postoje "pojmovi" koji nastaju izvan te sistematičnosti ili, kako možemo reći, u neposrednom iskustvu. Ove pojmove možemo nazvati, kao što smo ranije naveli, "spontanim" pojmovima koji ne zahtijevaju strukturu i nisu dani u obliku definicije, a upravo kompleksno mišljenje omogućuje njihovu egzistenciju. Ovi spontani pojmovi i kompleksi predstavljaju osnovu za pojmovno mišljenje.<sup>8</sup>

O spontanim pojmovima govore Piaget i Vigotski, a ono u čemu se oni slažu jest da oni predstavljaju put k stvarnim pojmovima. Ova dvojica autora ne slažu se oko načina zamjene tih pojmova pravim; mada to za naše razmatranje nije toliko relevantno, navedimo jedan primjer. Piaget je genezu dječjeg mišljenja sveo na razvitak spontanih pojmova koji u završnoj fazi prelaze u znanstvene pojmove. No ovaj razvojni put, za razliku od stavova Vigotskog,<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Ovdje prije svega moramo obratiti pozornost na takozvane "objašnjavalačke" teorije, tj. trebamo odvojiti od onih pojmovnih struktura koje su upućene na same sebe, tj. na samu pojmovnu strukturu (matematičke, logičke itd.), jer ćemo prije svega u onim prvim moći prepoznati, ako je ono prisutno, elemente predpojmovnog mišljenja.

<sup>9</sup> Kod Vigotskog imamo potpuno suprotnu situaciju, tj. da samo u sustavu pojam može biti shvaćen i voljan. Dakle, za njega je shvaćenost skoro sinonim za sistematičnost, kao što je za spontanost – neshvaćenost. Poopćavanje je stvaranje višeg pojma, taj viši pojam istodobno pretpostavlja *hijerarhijsku sistematizaciju* nižih od danoga pojma. Dakle, poopćavanje = poimanje i sistematizacija. Za razliku od Piageta, Vigotski tvrdi da uzrok neshvaćenosti pojmova nije egocentričnost, nego njihova *nesistematičnost*. Spontani pojam je neshvaćen i nehotičan.

odvija se autonomno i neovisno o sustavu ili pojmovnoj strukturi. Za nas je bitna činjenica da se spontani pojmovi pojavljuju na razini kompleksnog mišljenja i vjerojatno će biti, pomoću kompleksa, povučeni na pojmovnu razinu. Na kraju možemo istaknuti da Piaget u svojoj genetičkoj epistemologiji ne govori eksplicite o kompleksnom mišljenju, ali se dadu iščitati slični stavovi kao kod Vigotskog.<sup>10</sup>

Ovdje se neumitno nameće pitanje: gube li se u nekoj stvorenoj pojmovnoj strukturi kompleksi odnosno zamjenjuje li se u potpunosti kompleksno mišljenje pojmovnim, a ako ne, kakva je njihova uloga? Naša je pretpostavka, koju upravo trebamo pokazati i ovim razmatranjem, da kompleksno mišljenje nije potpuno istisnuto iz pojmovne strukture i to važi isto za intelektualni razvoj pojedinca kao i za razvoj općenitijih kognitivnih tvorevina kao što su npr. svakodnevni govor i mišljenje, pa i znanstvena poimanja i teorije.<sup>11</sup> Razlika “kompleksno/pojmovno” mišljenje svakako je strukturalno-konceptualna, a ne tek psihologijska. Ali i Piaget i Vigotski (prije svega Piaget i njegovi suradnici na polju genetičke epistemologije) tu razliku upotrebljavaju i za socijalne i poopćene vidove kognicije (vidi Piaget, 1979). Neka su istraživanja pokazala da je kompleks prisutan u većoj ili manjoj mjeri u pojmovnim strukturama i ne samo to; izgleda da će uloga kompleksa u pojmovnoj strukturi imati, možda, neku izmijenjenu funkciju nego kada imamo dominantno mišljenje u kompleksima.

Ovaj bi tekst trebao biti logičan nastavak našeg razmatranja Aristotelove *Fizike*.<sup>12</sup> U našoj smo analizi pokušali pokazati da u pojmovnoj strukturi navedenog djela postoje elementi koje smo prepoznali kao kompleks, tj. produkt kompleksnog, a ne pojmovnog mišljenja. Za nas je najzanimljivija činjenica da neki fundamentalni “pojmovi” u Aristotelovoj fizici – poput “pojma mjesta” – pokazuju sve karakteristike kompleksa (kao što je, na primjer, nedefiniranost svojstvo zbirke spontanijih pojmova, te povezanost s konkretnim i opažajnim). Također, bitna je činjenica kako je navedeni kompleks u funkciji pojmovne strukture i ima ulogu regulacije same strukture. Tako, na primjer, on pomaže u definiciji gibanja i omogućuje, što je za Aris-

<sup>10</sup> Ovo naročito dolazi do izražaja prilikom Piagetovih razmatranja uzročnih veza koje dijete koristi tijekom svog razvoja. Tako on između sedamnaest tipova uzročnih veza navodi sljedeće: fenomenalističke uzročnosti – uzrok se traži u bilo kojoj vezi, što zapravo odgovara difuznom kompleksu, ili participacija – povezivanje stvari ili događaja po bilo kojoj sličnosti itd.

<sup>11</sup> Kao slikovit prikaz prisutnosti onoga što nije pojam nego najvjerojatnije kompleks jest pokušaj definicije “mase” (ovim ćemo se problemom baviti u sljedećim radovima). Tako Jammer naslućuje problem i konstatira: “Tijekom *svoje* duge povijesti u ljudskoj misli od njenih ranih nacrtu u neoplatoničkoj filozofiji, njezinih mističnih i još neartikuliranih predočavanja u teologiji do njezinih znanstvenih u fizici Keplera i Newtona, i njezinih pozorno domišljenih redefinicija u pozitivističkim i aksiomatskim formulacijama, te do njezinih dalekosežnih modifikacija u modernoj teoriji fizike – čini se da znanost nigdje u potpunosti ne vlada svim pojmovnim zamršenostima koje su tu uključene. Moramo priznati da, usprkos brižnim naporima fizičara i filozofa, matematičara i logičara, još nije postignuto konačno razrješenje pojma mase” (Jammer, 1964, str. 224).

<sup>12</sup> Ovaj tekst, kao i naš tekst o Aristotelu (Ule i Primorac, 2005), predstavlja dio jednog globalnog projekta u kojemu se pokušava povući paralelu između Aristotela, Galileija, Newtona i Einsteina.

totelovu koncepciju vrlo bitno, odvajanje stanja mirovanja od gibanja gdje i mehaničko gibanje dolazi u klasu apsolutne promjene itd. Ovo u krajnjoj instanci omogućuje podjelu gibanja na prirodno i prisilno, uz odgovarajuću podjelu Svijeta.

Naš je zadatak u ovom razmatranju uspostaviti odnos između Galileija (kao začetnika jedne znanstvene fizike) i Aristotelova promišljanja. Ograničit ćemo se samo na analizu rješenja unutar nove fizike, jer je odnos između ova dva mislitelja mnogo složeniji.<sup>13</sup> Nije na odmet reći da je bitna reorganizacija Aristotelove filozofije, pa i fizike, započela u doba renesanse, koje je jedno zanimljivo razdoblje dominacije kompleksnog mišljenja,<sup>14</sup> ali to je tema za neko drugo razmatranje.

Bitna reorganizacija Aristotelove fizike počinje s radovima G. Bruna, N. Kopernika i J. Keplera, negiranjem Zemlje kao središta svijeta. Ova decenracija može nastati ukidanjem “prirodnog mjesta”, a što će kao implikaciju imati i brisanje granice između “zemaljske” i “nebeske mehanike”. Možemo reći da kompleksno mišljenje, pridodajući zbirna svojstva “mjestu”, nije više u stanju održati strukturu s relativiziranim gibanjem.<sup>15</sup> Mjesto u odnosu na

<sup>13</sup> Možemo napomenuti da Galilei kao kritičar aristotelizma u svom razvojnem putu počinje na pozicijama sinteze aristotelizma i početka empirijske i matematičke fizike, da bi kasnije krenuo na izravnu kritiku. Obrat nastaje nakon prihvaćanja Kopernikove ideje Sunčeva sustava. U njegovu radu *De motu (O gibanju)* iz 1592. već se naslućuje odvajanje od peripatetičkih ideja, da bi u svom zreloom razdoblju otvoreno kritizirao Aristotela. U svome glasovitu djelu *Dijalog o dva glavna svjetska sustava* iz 1632. posvetio je čitavo jedno poglavlje (“Prvi dan”) kritici Aristotela. No moramo napomenuti da se Galilei nikada u potpunosti ne odvaja od Aristotela jer u osnovi prihvaća njegovu teoriju znanstvenog istraživanja kao dvostupanjsku progresiju: od promatranja do generalnih načela i natrag do promatranja.

<sup>14</sup> Renesansa je razdoblje najprimitivnijeg i najdubljeg sujevjerja. U tom se razdoblju vjerovanje u magiju i vradžbine proširilo i doseglo mnogo veće razmjere nego u srednjem vijeku. Kao što kaže Koyré: “Međutim, po mome mišljenju, ima tu još nečega. Veliki neprijatelj renesanse, s filozofskog i znanstvenog gledišta, bila je aristotelovska sinteza, i može se reći da je veliki podvig renesanse bilo uništenje te sinteze” (Koyré, 1981, str. 44). Mogli bismo dodati kako raspadanje te pojmovne strukture omogućuje afirmaciju kompleksnog mišljenja čiji je neposredni izraz magijsko mišljenje. Dakle, samim uništenjem srednjovjekovne ontologije, tj. aristotelovske ontologije, renesansa je gurnuta, ili opet dovedena, do jedne magijske ontologije, čije se nadahnuće nalazi svuda. Stoga, ako bismo htjeli u jednoj rečenici sažeti mentalitet renesanse, formulacija bi mogla biti sljedeća: sve je moguće. Stvaranje i opažanje novih činjenica koje su “trpane” u zbirku karakteristično je za mislioce renesanse. Ovo pokazuje “kreativnost” kompleksnog mišljenja koje omogućuje grupiranje baze podataka po bilo kojoj osnovi, ali ne i strukturiranje i klasifikaciju. Navedimo kao primjer opet Koyréa koji kaže: “Ništa nije ljepše, na primjer, od zbirki botaničkih crteža čiji bakrorezi otkrivaju jednu zaista čudesnu oštrinu oka. Sjetimo se Dührerovih crteža, Gesnerovih zbirki, Aldrovandijeve velike enciklopedije, inače punih priča o magijskoj moći i djelovanju biljaka. Zauzvrat, nedostaje klasifikacijska teorija, mogućnost da se na razuman način razvrstaju prikupljene činjenice – u biti, sve to ne prelazi stupanj kataloga” (Koyré, 1981, str. 46).

<sup>15</sup> Tako, na primjer, mada Kopernik pokušava spasiti Aristotelov svijet, svodeći svoju teoriju na jednu logičnu rekonstrukciju Ptolemejeva sustava, on je definitivno načet. Ta je pukotina nastala na samom kompleksu “mjesto” i to preko neumitnog uvođenja pojma relativnosti. Prividno gibanje koje će se javiti u Kopernikovoj koncepciji može se objasniti samo relativnošću. Relativnost gibanja nije, a niti je mogla, postojati u Aristotelovoj fizici (osim posve sporadičnog promišljanja o prividnom gibanju i mirovanju), jer su mehanička gibanja bila određena u odnosu na konkretno mjesto. Također, gibanje je bilo ugrađeno u opću strukturu promjene, a kod Aristotela je svaka promjena apsolutna, a ne relativna.

koje se gibanje promatra nije više kompleks i ono je krenulo putem apstrakcije, gdje ogoljeno postaje pojmom kao neka ili bilo koja točka u odnosu na koju se definira gibanje i time također izlazi iz konkretno opažajnog polja.

Možemo reći da u ovom slučaju raspad središnjeg kompleksa dovodi do raspada teorije. Dok je Kopernik u izvjesnom smislu još na Aristotelovim pozicijama, Galilei započinje jednu novu teoriju, jednu novu fiziku. Kao što to slikovito kaže Koyré:

Kepler (i Bruno) mogu se povezati s renesansom; s Galileijom, pak, sasvim sigurno i konačno izlazimo iz te epohe. Galilei nema ništa od onoga što nju odlikuje. On je u najvećoj mjeri antimagijski. Ne osjeća nikakvu radost pred raznolikošću stvari. Naprotiv, njega potiče velika – arhimedovska – ideja matematičke fizike, svođenja realnog na geometrijsko [Koyré, 1981, str. 52].

Upravo ovdje trebalo bi započeti naše razmatranje, s pitanjem imamo li u konstrukciji nove teorije – koja će početi s eliminacijom određenih kompleksa iz Aristotelove fizike, a posebice “mjesta” – i dalje prisutnost drugih novih kompleksa, te ako imamo, kakva je njihova uloga? Odnosno, ima li u novom pojmovnom strukturiranju kompleksno mišljenje neku ulogu, bila ona pozitivna ili negativna?

## 2. Galileijeva kinematika

Pokušajmo u analizi odgovoriti na postavljena pitanja. Nećemo uzimati u obzir cjelokupno Galileijevo djelo, nego samo one dijelove koji nam se čine bitnim za oslikavanje njegove teorije. Ogroman je njegov doprinos rješavanju raznih tehničkih i praktičnih pitanja, ali taj ćemo dio izostaviti i obratiti pozornost na one dijelove koji će biti od osnovne važnosti za shvaćanje njegove fizike te za daljnji razvoj ove znanstvene grane. Za početak analiziramo one dijelove koji su zapravo napravili najveći otklon od Aristotelove fizike i fizike srednjeg vijeka, a to je ono što danas nazivamo kinematikom. Zapravo, promatrat ćemo konkretna rješenja – kao što su slobodni pad, inercija, horizontalni hitac itd. – kroz koja ćemo pokušati objasniti način funkcioniranja i konstrukcije Galileijeve pojmovne strukture.

### 2.1. Slobodni pad

Galileijevu radu uzor je bio Arhimed,<sup>16</sup> naročito za probleme koji su se odnosili na statiku, te Euklidova geometrija. Često se u literaturi navodi kako se s Galileijom i poslije njega javlja prekid između svijeta danog našim osjetilima i stvarnog svijeta. Taj stvarni svijet je svijet znanosti i predstavlja utjelovljenje geometrije. “Glavna promjena koju uvodi Galilei, s ostalim pla-

<sup>16</sup> Možemo napomenuti, a što nije baš trivijalna činjenica, da se Galilei u svom radu i rješavanju problema oslanja na klasične autore, a ne na rezultate srednjeg vijeka, što mu daje izvjesnu dozu originalnosti, ali i nepotrebnog lutanja.

tonizirajućim matematičarima, kao što je Kepler, u znanstvenu ontologiju, bila je ta što je identificirao supstanciju realnog svijeta s matematičkim entitetima sadržanim u teorijama koje su uporabljene za opisivanje vanjskog izgleda” (Koyré, 1981, str. 78). Ovaj Koyréov zaključak o “identifikaciji supstancije realnog svijeta s matematičkim entitetima” za nas je vrlo bitan. Naša je pretpostavka, koju ćemo kasnije pokušati i pokazati, da je ova “identifikacija” moguća samo pomoću kompleksa koji nekom vrstom analogije prenosi značenje s jednog entiteta na drugi. To također pokazuje odmah razliku spram Aristotela čija je fizika čisto opisna i kvalitativna, po kome je postojala jedna znanost “fizike” izvan područja matematike.<sup>17</sup>

Također, pod utjecajem Euklidove geometrije pa i Aristotelova stava kako aksiomi trebaju biti jasni, prirodni i očigledni, Galilei počinje generalizaciju pri razmatranju slobodnog pada. On se eksperimentalno bavi problemima slobodnog pada i to uglavnom preko kosine, ali ono što je zanimljivo jest to da pokušava, iz već gore navedenih razloga, tražiti teorijsku osnovicu u postavljanju jednostavnih aksioma i to u ovom slučaju pogrešnog – *da je brzina razmjerna prijađenom putu*. Pozabavimo se malo detaljnije ovom činjenicom. U pismu Paolu Sarpiju 16. 10. 1604. navodi sljedeće:

Razmišljao sam o problemima gibanja za koje mi je, da bih dokazao neke pojave koje sam uočio, *nedostajao princip* u koji se apsolutno ne može posumnjati. Da bih ga postavio kao aksiom, došao sam do jedne propozicije koja mi izgleda dovoljno prirodna i očevidna; kada postavim tu propoziciju, onda dokazujem sve ostalo... Princip je sljedeći: *tijelo koje se prirodno giba povećava brzinu razmjerno udaljavanju od polazne točke* [prema Mladenović, 1986, str. 123, kurziv dodan].<sup>18</sup>

Ovdje moramo naglasiti da se u tom principu pojavljuje definicija slobodnog pada kao prirodnog gibanja. Slično kao i kod Aristotela, ali u potpuno drugom kontekstu, ono dobiva specijalni status u odnosu na druga gibanja. Što se tiče samog principa, mnogi su autori pokušali objasniti ovu činjenicu (primjerice Mach, Duhem, Koyré) i nisu imali jedinstveno stajalište u odgovoru na pitanje: radi li se o slučajnoj pogrešci ili ne? No Galilei je u svakom slučaju princip shvaćao ozbiljno, kao mogućnost da se iz njega matematički mogu izvesti sve zakonitosti slobodnog pada.

Obratimo djelomično pozornost na njegova izvođenja. Mada nećemo ulaziti u njegova matematička izvođenja, samo radi zornosti navedimo početak razmatranja:

<sup>17</sup> Kao što kaže Koyré: “Važan praktični rezultat koji je dobiven bio je to što je fizički svijet otvoren za neograničenu uporabu matematike. Galilei je uklonio najozbiljnije smetnje iz Aristotelove koncepcije – po kojemu je postojala jedna znanost ‘fizike’ izvan područja matematike – izjavljujući da su supstancije i uzroci koje ta fizika iznosi kao postulate samo obične riječi” (Koyré, 1981, str. 78).

<sup>18</sup> Za izvorni tekst usp. Galileo Galilei, *Opere*, vol. VIII, str. 373. Za engleski prijevod usp. Galilei, 1960.

Pretpostavljam (i možda ću to moći i dokazati) da teško tijelo u padu stalno povećava brzinu u onoj mjeri u kojoj se povećava njegova udaljenost od početne točke; tako, na primjer, ako tijelo polazi od točke A i pada duž pravca AB, pretpostavljam da će stupanj brzine u točki D biti utoliko veći od stupnja brzine u C, za koliko je udaljenost DA veća od CA... Taj mi princip izgleda vrlo prirodan i dobro odgovara iskustvu dobivenom sa strojevima i instrumentima koji djeluju preko udara, gdje je udar toliko veći koliko je veća visina pada. Jednom kada ovaj princip bude prihvaćen, dokazat ću i sve ostalo. Neka pravac AK čini neki kut sa AF i povucimo paralele CG, DH, EI, FK<sup>19</sup> iz točaka C, D, E, F. Pošto se pravci FK, EI, DH, CG odnose međusobno kao FA, EA, DA, CA, slijedi da su brzine u točkama F, E, D, C kao pravci FK, EI, DH, CG. Stupnjevi brzine se povećavaju, dakle, duž svih točaka AF, prema povećanju paralela koje se vuku iz tih točaka. Pored toga, pošto je brzina kojom je tijelo došlo od A do D sastavljena od svih stupnjeva brzine, koje je ono dobilo na svim točkama pravca AD, i brzina kojom je prešlo AC sastavljena je od svih stupnjeva brzine koje je imalo u svim točkama pravca AC. *Slijedi da se brzina kojom je prešlo pravac AD odnosi prema brzini prelaženja AC u istom razmjeru kao svi paralelni pravci...* [prema Mladenović, 1986, str. 123, kurziv dodan].

Na osnovi teksta možemo dati neke osnovne karakteristike. Prvo, matematički je aparat dan u obliku proporcija, što predstavlja nastavak tradicije od Arhimedova vremena. Ovdje se pojavljuje jedna bitna posljedica, a to je da jednostavne proporcije zahtijevaju konačne vrijednosti, tako se promjenjiva brzina zamjenjuje brzinom na prijedenoj puti, što odgovara jednolikom pravocrtnom gibanju. Galilei, kao što se vidi iz navedenog teksta, naslućuje postojanje trenutne brzine, ali njegov matematički aparat ni pojmovna struktura još je nisu u stanju definirati.<sup>20</sup> Drugo, što je također bitno za naše razmatranje, jest identifikacija prijedenoj puta s brzinom, što omogućuje da se fizikalni problem gibanja pri slobodnom padu svede na geometrijski problem.

Galilei je kasnije mjerenjima pokazao da to nije točno. No zanimljivo je kako taj problem rješava također na teorijskom planu, iako ne posjeduje pojam trenutne brzine. Iako shvaća da je brzina različita u svakoj točki, Galilei se ne ograničava na neku točku, već govori o brzini prijedenoj puta. On je uvidio svoju grešku i ispravio je 24 godine kasnije u djelu *Rasprave i matematički dokazi o dvije nove znanosti*, gdje se nakon trećeg dana odvija rasprava između Salvatia, Sagreda i Simplicija:

Salvati: ... Ako su brzine razmjerne s prostorom koji je prijedeno ili treba biti prijedeno, onda se ti prostori prelaze u istim intervalima vremena; ako bi prema tome brzina kojom padajuće tijelo prelazi prostor od osam stopa bila dvostruko veća od one kojom je prešlo prve četiri stope (isto kao što je jedna udalje-

<sup>19</sup> Uz odgovarajuću jednostavnu sliku proporcija bi bila sljedeća:

$FK : EI : DA : GC = FA : EA : DA : CA$ , gdje je odnos brzina dan u proporciji  $V(D) : V(C) = AD : AC$

<sup>20</sup> Moramo napomenuti da se kod Galileija još ne pojavljuje ni jednostavni oblik definicije brzine gibanja  $V=s/t$ , a kamoli diferencijalni oblik koji će se pojaviti tek kasnije kod Newtona.

nost dvostruko veća od druge), tada bi vremenski intervali bili isti. Ali, za jedno i isto tijelo da prijeđe osam i četiri stope u isto vrijeme moguće je jedino u slučaju trenutnog gibanja; promatranje nam kaže da gibanje tijela u padu traje manje za prelaženje četiri nego za osam stopa; prema tome nije točno da brzina raste razmjerno s prostorom... [prema Mladenović, 1986, str. 125].<sup>21</sup>

Ovim smo primjerom htjeli pokazati kako Galilei još nije dostigao potpunu apstrakciju u svom razmatranju. Nepostojanje potpune pojmovne strukture dovodi do lutanja uz prisutnost kompleksnog mišljenja. Ponovimo još jednom da je prva teza o identifikaciji prijedjenih putova s brzinom izravna posljedica pogrešne “analogije”, tj. identifikacije realnog svijeta s matematičkim entitetima. Ova pogrešna “analogija” je moguća zato jer kompleksno mišljenje omogućuje takvo prenošenje značenja. Posljednji odlomak koji smo naveli pokazuje jedan bitan pomak, a to je na prvom mjestu uloga eksperimenta u korekciji pogrešne hipoteze. No ono što je značajno u teorijskom objašnjenju nije još došlo do potpune apstrakcije pa se i dalje koristi pogrešna koncepcija. Galilei je uvidio svoju grešku, ali nije uvidio netočnu koncepciju kojom se služi. On u navedenoj ispravci i dalje koristi pojam brzine na nekom prijedjenom putu što odgovara jednolikom pravocrtnom gibanju. Primjenjujući tu brzinu na različitim dužinama prijedjenih putova kod ubrzanog gibanja, tj. slobodnog pada, pojavljuje se paradoks. Dakle, pogrešnom koncepcijom dolazi do ispravnog zaključka.

U daljnjem dijelu obratimo pozornost na sâmo shvaćanje slobodnog pada. On kod slobodnog pada napušta Aristotelovu ideju o privlačenju prema prirodnom mjestu kao uzroku tog gibanja. Inače, već smo rekli, napušta se ideja o prirodnom mjestu, tj. kompleksu koji je imao bitnu ulogu u strukturiranju. Ovakav je stav napustio i Galilei. No slobodni je pad i dalje imao specijalni status u odnosu na druga gibanja i on ga naziva prirodnim, a ubrzanje koje se javlja naziva prirodnim ubrzanjem, te tu u izvjesnom smislu ostaje na Aristotelovim pozicijama.

Galilei također ovo gibanje odvaja od drugih i traži uzrok prirodnom ubrzanju u načelu jednostavnosti (*simplicitas naturae*), iako ga je jednostavnost – kao što smo već vidjeli – dovela do pogrešnog zaključka o odnosu brzine i prijedjenog puta, s tom razlikom što se ovdje eksperimentalni rezultati nisu slagali s idejom prirodnosti, očiglednosti i jednostavnosti. Ovo pokazuje jednu dimenziju, a to je da iako Galilei ne iznosi svoju dinamiku, tj. fiziku, nego se oslanja na promatranje i eksperiment, on traži jedno objašnjenje koje ima teorijsku osnovu, a ne eksperimentalnu danost kao jedini izvor spoznaje. Dakle, on jednu činjenicu kao što je jednoliko ubrzano gibanje pri slobodnom padu ne potvrđuje iznošenjem podataka da su to mjerenja pokazala kao neumitnu činjenicu, nego traži njezin izvor u konkretno opažajnoj razini i tražeći tu uzroke jednostavnosti. Kao zoran primjer navedimo sljedeći odlomak:

<sup>21</sup> Za izvorni tekst usp. Galileo Galilei, *Opere*, vol. VII, str. 190–260.

Vjerujem da nitko ne vjeruje da se plivanje ili letenje<sup>22</sup> može obaviti na neki jednostavniji ili lakši način nego što to instinktivno rade ribe i ptice.

Prema tome, kada kamen polazeći iz mirovanja pada s neke visine i neprestano stječe nova povećanja brzine, zašto ne bi vjerovao da se takva povećanja događaju na način izuzetno jednostavan i prilično sam po sebi jasan svakome? Ako stvar pažljivo razmotrimo, ne možemo naći jednostavnijeg povećanja od onog koje se uvijek ponavlja na isti način... Prema tome, možemo zamisliti gibanje kao jednoliko i kontinualno ubrzano kada se njemu za vrijeme ma kakvih jednakih intervala vremena, dodaju jednaka povećanja brzine...

Iz toga slijedi da nećemo mnogo pogriješiti ako stavimo da je povećanje brzine razmjerno povećanju vremena, pa se definicija gibanja koje ćemo razmatrati može ovako formulirati: *Gibanje je jednoliko ubrzano kada, počinjući iz mirovanja, dobiva u jednakim vremenskim intervalima jednaka povećanja brzine* [prema Mladenović, 1986, str. 133, kurziv dodan].<sup>23</sup>

Na osnovi dane definicije (koja zapravo nije definicija jednolikog ubrzanog gibanja), vidimo da se radi o opisu konkretnog gibanja, tj. slobodnog pada, jer “gibanje je jednoliko ubrzano kada počinje iz mirovanja”, što predstavlja opis specijalnog slučaja – slobodnog pada.

Galilei je svoju fiziku gradio na razvalinama Aristotelove fizike, ali nije se bavio samo prikupljanjem eksperimentalnih podataka, nego je također tražio teorijsku osnovu tih činjenica. Tako Galilei kaže:

Salviati: Ne izgleda mi da je ovo pravo vrijeme za ispitivanje uzroka ubrzanja prirodnog gibanja o kome su razni filozofi davali razna mišljenja. (...) Sve ove *fantazije*, a i neke druge, trebalo bi razmotriti, ali na to zaista *ne vrijedi trošiti vrijeme*. U ovom trenutku je cilj našeg autora samo da ispituje i dokaže neke osobine ubrzanog gibanja (ma kakav bio uzrok ubrzanja)... [prema Mladenović, 1986, str. 135, kurziv dodan].

Kada govori o uzroku gibanja, svima je poznat dio iz Galileijevih *Rasprava* gdje nam kaže da bi bilo uzalud raspravljati o kauzalnim teorijama gravitacije koje su predlagali njegovi suvremenici i prethodnici, s obzirom da nitko ne zna što je gravitacija – koja je tek *jedno ime* – i da bi bilo mnogo bolje zadovoljiti se utvrđivanjem matematičkog zakona padanja tijela. Zapravo, njemu nije ni potreban uzrok ovog gibanja, jer ono će imati status prirodnog stanja tijela, slično kao što je primjerice mirovanje i – kao što ćemo kasnije vidjeti – gibanje po inerciji. Sjetimo se da ni kasnije Newton nije objašnjavao prirodu gravitacije nego je dao samo matematičke zakone njezina djelovanja.

Na kraju ovoga dijela možemo sažeti da Galilei promatra slobodni pad kao specijalan slučaj gibanja koje pripada tijelu kao neka “težnja”.<sup>24</sup> Same

<sup>22</sup> Zanimljivo je napomenuti kako se Galilei služi metaforama i analogijama u objašnjenju specijalnog statusa slobodnog pada. Možemo napomenuti da su analogije, a posebice metafore, često izraz upravo kompleksnog mišljenja. Ono omogućuje prenošenje značenja suprotno pojmovnom odnosno doslovnom značenju.

<sup>23</sup> Za izvorni tekst usp. Galileo Galilei, *Opere*, vol. VIII. Za engleski prijevod usp. Galilei, 1954.

<sup>24</sup> Ovo lijepo opisuje Koyré: “Galilei bi se, vjerojatno, pobunio protiv tvrdnje da je, po njemu, teža samo jedna ‘težnja’ ili jedna ‘sklonost’ i podsjetio bi na čuveni odjeljak gdje kaže

definicije pokazuju da ono nije u klasi nekog općeg promjenjivog gibanja nego je konkretizirano kao posebno stanje tijela. Ova će činjenica biti od velike važnosti u kasnijim razmatranjima. Također možemo napomenuti kako se on služi eksperimentom da bi našao zakonitost slobodnog pada, ali uvijek traži jedan teorijski okvir, tj. pojmovno strukturiranje. To strukturiranje počinje od načela jednostavnosti uz primjenu matematičkih struktura.

Za nas je bitan ovaj drugi moment. U povijesti fizike prvi put se jasno pojavljuje matematička struktura kao podloga pojmovne strukture. No kod Galileija se matematička struktura ne pojavljuje kao pomoćni operativni model, već pokušava nadomjestiti i fizikalnu pojmovnu strukturu. Objašnjenje bi moglo biti sljedeće: zbog razvojnog puta i nedostatka konstituirane pojmovne fizikalne strukture, matematičke se strukture pojavljuju kao jedine sigurne strukture, a na drugoj strani kompleksno mišljenje omogućuje prenošenje značenja sa spontanih fizikalnih pojmova (na primjer prostor, vrijeme, brzina itd.) na geometrijske ili matematičke entitete. Zbog toga se mogu pojaviti logične pogreške kao što je ona o identifikaciji povećanja puta i brzine. Ovo je tipičan primjer jednostavne analogije čiji je izvor u kompleksnom mišljenju te njegove osobine prenošenja značenja.<sup>25</sup> Jasno je da samo uvođenje matematičke formulacije zakona ne rješava konceptualne probleme kompleksnog mišljenja nego probleme fiktivno prebacuje na neku novu razinu.

## 2.2. Inercija

Drugo gibanje koje će imati specijalni status jest pravocrtno gibanje. U "Trećem danu" Galilei daje jednu od malobrojnih definicija: "Pod jednolikim gibanjem podrazumijevam ono u kome su udaljenosti, prijedene tijelom za vrijeme bilo kojeg jednakog intervala vremena, također jednake" (prema Mladenović, 1986, str. 132). Ovo će gibanje imati posebnu važnost u onome što će se kasnije definirati kao princip inercije i relativnosti gibanja. Kao što smo pokazali u drugome radu (Ule i Primorac, 2005), u Aristotelovoj fizici princip inercije i relativnost gibanja nisu mogli biti definirani zbog kompleksa "mjesta". Ovaj kompleks koji je korišten u definiciji gibanja preveo je sve gibanje, pa i jednoliko pravocrtno, u apsolutnu promjenu. Elimi-

---

kako je 'teža' naprosto jedna riječ i da nitko ne zna – pa i ne osjeća potrebu spoznati – što je ona: dovoljno je znati kako ona djeluje, tj. kako tijela padaju. A upravo to odbijanje da se nekako pokuša objasniti teža, ili čak da se od nje stvori teorija, te njeno prihvaćanje kao obične činjenice, doveli su Galileija – i njegove pristalice – do toga da je *koncipiraju kao nešto što pripada tijelima*, da joj pripisuju stalnu veličinu (pa dakle, i tijelima stalno ubrzanje), te da, štoviše, upotrijebe – što čini Galilei u odjeljku koji navodim – izraze kao što su 'sklonost' ili 'želja'" (Koyré, 1981, str. 301, kurziv dodan). Ne treba posebice naglašavati da su navedeni pojmovi tipične antropomorfne konstrukcije koje u biti pripadaju kompleksnom mišljenju.

<sup>25</sup> U tom kontekstu moramo shvatiti i poznati Galilejev stav da je knjiga prirode napisana matematičkim jezikom, ali ovaj stav nije korišten kao metafora nego, uz pomoć kompleksnog mišljenja, kao identitet.

nacijom, ili bolje rečeno, raspadom tog kompleksa otvoren je put prema relativnosti gibanja. Ovu je činjenicu Galilei iskoristio te je naš zadatak u ovom kratkom odsječku analizirati je li on i na koji način stigao do navedenih principa?

U “Drugom danu” njegova djela *Dijalog o dva glavna svjetska sustava*<sup>26</sup> Galilei razmatra posljedice gibanja Zemlje na predmete koji se nalaze na njenoj površini te se pritom pojavljuju navedeni koncepti. (Principom relativnosti nećemo se baviti posebice, zbog opsega teksta ostajemo pri principu inercije). Navedimo dio teksta koji će pokazati kako Galilei rješava ovaj problem:

Salviati: Što smatraš uzrokom loptina spontanog spuštanja niz ravninu, dok za penjanje treba upotrijebiti silu?

Simplicio: Teška tijela imaju tendenciju da se gibaju prema središtu Zemlje.

Salviati: To znači da neka površina neće biti naklonjena ni prema dolje ni prema gore ako je svaki njen dio jednako udaljen od središta. Ima li takvih površina u svijetu?

Simplicio: Ima ih koliko hoćeš... To su površine mirne vode.

Salviati: Prema tome, brod koji se giba po mirnom moru predstavlja tijelo koje prelazi površinu koja nije nagnuta ni gore ni dolje te kad bi se sve vanjske i slučajne prepreke uklonile, on bi se gibao jednoliko i bez prestanka poslije primljenog inicijalnog impulsa [prema Mladenović, 1986, str. 126–127].

Ovaj konkretizirani primjer pokazuje da je Galilei posve na tragu gibanja po inerciji, ali da potpuna apstrakcija još nije postignuta. Treba obratiti pozornost da je težnja tijela u stalnom gibanju konkretizirana s “ravninom površinom” i uz prisustvo težnje tijela prema središtu Zemlje. Ovo će biti od presudnog značenja, jer će se, zapravo, gibanje po inerciji i slobodni pad kao posljedica težnje tijela sklopiti u jednu kompleks zbirku “prirodnog” gibanja. Navedimo još jedan citat koji je po mišljenju mnogih povjesničara znatnosti najbliži principu inercije:

Salviati: Sve do ove točke ti si sam znao da kružno gibanje bacača ‘saopćava neki impetus’ projektilu, da bi se gibao poslije njihova odvajanja u smjeru tangente na kružno gibanje u točki odvajanja... I ti si rekao da bi ‘*projektil nastavio gibati se tim pravcem*’ da ga njegova vlastita težina nije povukla prema dolje [prema Mladenović, 1986, str. 127, kurziv dodan].

Ovaj primjer također pokazuje kako je on blizu principa inercije, ali je situacija i dalje konkretizirana, jer je prisutna i težnja tijela da se giba prema dolje. Možemo konstatirati, a što čini i većina povijesnih analitičara, da u cijeloj knjizi Galilei izravno tretira inerciju samo u horizontalnom hitcu i nikada je ne odvaja od gravitacije. Zbog toga on nigdje ne formulira princip inercije u općem obliku. Ona se kod njega pojavljuje kao mogućnost i – što je bitno – odvojena je od promjene i dobiva status stanja. Uz to dolazi neumitna mogućnost promatranja gibanja kao relacijske veličine, što je kasnije

<sup>26</sup> *Dijalog o dva glavna svjetska sustava* nalazi se u Galileo Galilei, *Opere*, vol. VII. Za prijevod na engleski s predgovorom Alberta Einsteina usp. Galilei, 1967.

formulirano kao Galileijev princip relativnosti. No ni ovdje on ne ide do kraja i nigdje nemamo – kao ni kod inercije – definiciju relativnosti.<sup>27</sup> Zanimljivo je napomenuti da Einstein piše predgovor novom prijevodu *Dijaloga o dva glavna svjetska sustava* na engleski jezik te, nabrajajući Galileijeve doprinose, nigdje ne spominje relativnost. Tek će Huygens, a kasnije Newton, dati prave definicije inercije i relativnosti.

Iako inercija i relativnost gibanja nisu dovedeni do potpune apstrakcije i uglavnom se tretiraju kao empirijske činjenice, u fizici je načinjen golem korak naprijed. Oslobođenje od Aristotela i kompleksa “mjesta” omogućilo je još jedan napredak, a to je mogućnost slaganja gibanja i njegov matematički opis. Kao što znamo, u Aristotelovoj fizici, gibanja su kvalitativno različite promjene; tako će, primjerice, gibanje jednog te istog tijela *iz* mjesta biti kvalitativno različito i nesumjerljivo s gibanjem *u* to mjesto. Kod Galileija kompleks “mjesto” nije prisutno i apstrahirano je tako da gibanja postaju sumjerljiva i samim tim zbrojiva, a posebice gibanja koje se nalaze u istoj klasi “stanja” kao što je to slobodni pad i jednoliko pravocrtno gibanje. Kompozicija ovih dvaju gibanja dat će horizontalni hitac koji ćemo ukratko obraditi u sljedećem odsječku.

### 2.3. Horizontalni hitac

Sudeći po pronađenim bilješkama, Galilei je eksperimentalno otkrio paraboličnu putanju prije pisanja *Dijaloga o dva glavna svjetska sustava*. No s razmatranjem horizontalnog hitca opet počinje s pogrešnom generalizacijom. On tvrdi da gibanje tijela koje pada s nekog tornja ima dvije<sup>28</sup> komponente: prva dolazi od kružnog gibanja tornja zbog rotacije Zemlje, a druga je tendencija tijela da završi u središtu Zemlje. Iz toga se, po Galileiju, za putanju treba dobiti polukružnica, koja počinje u tornju, a završava se u središtu Zemlje, dok bi se tijelo po njoj gibalo jednoliko kružno.

Kada Fermat poručuje Galileiju da ta krivulja ne može biti kružnica nego spirala, on odgovara da se šali, a da je inače putanja parabolična (usp. Mladenović, 1986, str. 128). Na osnovi ovoga se može doći do zanimljivih zaključaka. Prvo, iako Galilei prihvaća rotaciju Zemlje i time napušta Aristotelovu ideju nepomičnosti, on se još nije oslobodio središta Zemlje kao specijalne reперne točke u odnosu na koju se promatraju dva prirodna gibanja. Drugo, uklonjena je razlika između prirodnog gibanja na Zemlji (slo-

<sup>27</sup> Kao zoran primjer konkretizacije relativnosti možemo navesti razmatranje gibanja Zemlje iz “Drugoga dana” *Dijaloga o dva glavna svjetska sustava*. Tako na samom početku Salviati kaže: “Dopustite mi da počnem naša razmatranja mislju da, ma kako gibanje pripisano Zemlji, mora nam nužno ostati neprimjetljivo kao da ne postoji, sve dotle dok promatramo samo predmete na Zemlji; jer, kao njeni stanovnici mi sudjelujemo u njenom gibanju. Ali, s druge strane, isto je tako neophodno da se ono pokaže uopće na svim drugim vidljivim tijelima i predmetima koji su odijeljeni od Zemlje i ne sudjeluju u njenom gibanju” (Galileo Galilei, *Opere*, vol. VII, str. 371.)

<sup>28</sup> Usp. Galileo Galilei, *Opere*, vol. VII, str. 191.

bodnog pada) i kružnog gibanja koje pripada višim sferama. On pokušava primijeniti kombinaciju ovih dvaju prirodnih gibanja, pri čemu bi onda i horizontalni hitac predstavljao prirodno gibanje. Da se podsjetimo, kod aristotelovaca ovo gibanje spada u klasu prisilnih gibanja koja zahtijeva postojanje uzroka tog gibanja. Dakle, Galilei svojom “kombinacijom” rješava problem uzroka, jer za prirodna gibanja on nije potreban i ne bi se morala uvoditi sumnjiva aristotelovska hipoteza kao stalno prisutnog potiska zraka prilikom gibanja.

Činjenica, tj. postojanje, horizontalnog hitca u obliku parabole, koje nije ni pravac ni kružnica kao potonja prirodna gibanja, nameće definitivno napuštanje koncepcije gibanja u odnosu na neko apsolutno mjesto i rekonstrukciju ovog kompleksa “mjesto” u obični pojam, tj. relativiziranu točku promatranja gibanja. Ovo, dakako ima za posljedicu napuštanje ideje gibanja kao promjene, a time se omogućuje i slaganje gibanja. Ovdje vidimo značajnu ulogu eksperimentalne danosti u razaranju jednog kompleksa, no čini nam se da je to nužan, ali ne i dovoljan uvjet za stvaranje novog pojma. No vratimo se problemu horizontalnog hitca. Izvlačenjem gibanja iz zagrljaja promjene spreman je teren za uvođenje gibanja kao stanja. Znamo da je kod Aristotela status stanja imalo mirovanje pa čak i jednoliko kružno gibanje, kao prvotno gibanje idealizirano do promjene koja u biti nije promjena nego neka vrsta stanja, dakako u nebeskim sferama.

Navedimo kako Galilei obrazlaže slaganje gibanja u *Dvije nove znanosti*. On, razmatrajući gibanje projektila u odjeljku “Četvrti dan”, kaže:

Predlažem da sada iznesem osobine tijela čije je gibanje složeno od dva druga gibanja, a to su: jedno *jednoliko* i jedno *prirodno ubrzano*... Zamislite neku česticu bačenu duž horizontalne ravnine bez trenja; tada znamo (...) da će se ta čestica gibati duž te ravnine jednoliko i vječno, pod uvjetom da ravnina nema kraja. Ako je ravnina *ograničena* i izdignuta, tada će čestica koju zamišljamo teškom, kada prijeđe rub ravnine, pored prethodnog jednolikog i vječnog gibanja, steći *stremljenje* prema dolje zbog svoje vlastite težine; tako će rezultirajuće gibanje koje zovem projekcijom biti sastavljeno od jednog koje je jednoliko i horizontalno i od drugog koje je vertikalno i *prirodno* ubrzano [prema Mladenović, 1986, str. 139, kurziv dodan].

Navedeni odlomak, u kojem je geometrijski definirana putanja horizontalnog hitca, predstavlja kamen-međaš u razvoju mehanike. U istoj logičkoj strukturi povezani su slaganje gibanja, kontinuitet gibanja i inercija te je sve kvantitativno točno opisano – dakako, gledano iz perspektive razvijene klasične mehanike. Ovdje bi se onda trebalo zaključiti da je Galilei već imao izgrađenu pojmovnu strukturu vezano za kinematičke probleme složenog gibanja, što pak uopće nije točno. Dade se naslutiti da će i horizontalni hitac ostati u domeni konkretnog, jer smo u prethodnom izlaganju pokazali da ni slobodni pad, a niti inercija, nisu dostigli potpunu apstrakciju.

Kako kompleksno mišljenje nema snagu apstrakcije i operira na konkretno opažajnom polju možemo objasniti činjenicu zašto Galilei, kada govori o jednolikom pravocrtnom gibanju, misli samo na konkretan slučaj ho-

rizikalne podloge po kojoj se tijelo kreće bez trenja. On nigdje ne spominje mogućnost da to gibanje može biti i po drugim pravcima i bez prisustva gravitacijskog polja. Nije, dakle, došlo do apstrakcije nego se razmatra konkretan problem gibanja kugle po ravnini koja je izdignuta i tijelo koje dođe do ruba uz pojavu slobodnog pada kreće se složeno po poluparaboli. Kada razmatra, primjerice, kosi hitac, za njega je to inverzno gibanje po istoj poluparaboli.

Ako znamo da je parabola jednostavna krivulja i da je prisutna u konkretno opažajnom polju (za nju su znali čak i u staroj Grčkoj), onda ona ne zahtijeva značajnu apstrakciju te vjerojatno omogućuje matematički opis i na razini kompleksnog mišljenja. Ovo oslanjanje na ono konkretno opažajno, što je je karakteristično za kompleks, može se potkrijepiti još jednim zornim primjerom.

Parabolično se gibanje odnosi na uobičajene slučajeve. Naime, kada Galilei govori o zrnu izbačenim barutom on navodi: "Golemi moment ovih jakih udara može izazvati neke *deformacije* putanje, čineći početak parabole ravnijim i manje zakrivljenim nego na kraju..." (prema Mladenović, 1986, str. 268, kurziv dodan). Mnogim je istraživačima Galileijev zaključak – kako tijela koja imaju "golemi moment" neće imati oblik jednostavne parabole – bio u najmanju ruku čudan. Objašnjenje bi mogli dati činjenicom kako su oba gibanja od kojih je sastavljen horizontalni hitac stavljena u kompleks zbirku "prirodnog stanja". Pojava "golemih momenata" koja bi odgovarala neprirodnom ili neuobičajenom gibanju izlazi iz okvira kompleksa. Vidimo da ovaj slučaj izlazi iz polja konkretno opažajnog, a kako nije došlo do potpune apstrakcije, Galilei više nije siguran u svoje slaganje, kao da to nije slaganje gibanja bez obzira kojom se brzinom kreće tijelo po horizontali. Ponovalo također još jednom da je slaganje gibanja svedeno samo na ova dva specijalna oblika. Kompleksno mišljenje kreće se samo na toj razini i ne može postići višu razinu gdje bi se moglo generalizirati slaganje ili pak razlaganje svih drugih slučajeva kao jedno opće svojstvo.

Galileijevo izvođenje i tretiranje slaganja gibanja nije dovoljno općenito. On isključivo tretira poluparabolu s horizontalnim impulsom, a nikada nije tretirao neko *koso* bačeno tijelo i pretpostavio inerciju u tom pravcu. To se pretpostavlja u njegovu inverznom tretiranju, ali se eksplicitno ne kaže i ne koristi izvođenje. Ovo se može objasniti činjenicom da se u ovom slučaju javlja razlaganje gibanja koje je na višoj pojmovnoj ravnini, jer pretpostavlja definiciju brzine kao vektorske veličine, a taj pojam Galilei nije imao. Možemo dati još jedno objašnjenje zašto Galilei ne razmatra slaganje gibanja i po nekim drugim pravcima. Kao što smo već rekli, horizontalni hitac ostaje u sklopu kompleksa zbirke prirodnoga gibanja, jer je sastavljeno od horizontalnog inercijalnog gibanja i prirodno ubrzanog (slobodni pad) koje je uvijek orijentirano okomito. Svaki drugi pravac slaganja, primjerice kod kosog hitca, izlazi iz ove jednostavne kombinacije, odnosno nije obuhvaćeno kompleks zbirkom pa je i van dosega mogućeg razmatranja.

Kao ilustracija funkcioniranja kompleks zbirke može nam poslužiti jedan problem iz astronomije koji ćemo razmotriti u sljedećem odsječku.

### 3. Jedan primjer iz astronomije

Već je na početku ovog izlaganja rečeno da je Galilei izraziti zagovornik Kopernika te zastupa stajalište da je Sunce središte svemira oko kojega kruže planeti. Dakle, u izvjesnom smislu kao i Kopernik, on kao jedino moguće gibanje planeta pretpostavlja jednoliko kružno gibanje. Ono što je zanimljivo jest činjenica da je on znao za Keplerovo rješenje da su putanje planete elipse, a ne kružnice, dok za povjesničare još veće iznenađenje predstavlja potpuna eliminacija mogućnosti te ideje. Galilei se nigdje u svome radu ne upušta u razmatranja Keplera, stoga nije čudno da i sam Einstein u predgovoru *Dijalogu o dva glavna svjetska sustava* konstatira: “To što presudni napredak koji je postigao Kepler nije ostavio nikakvog traga u Galileijevu djelu groteskno ilustrira činjenicu da stvaralački duhovi često nisu nimalo prijemčivi.”<sup>29</sup>

No čini nam se da ipak nije riječ o prijemčivosti nego o nečem drugom, bitno strukturalnom. Za to postoje najmanje dva argumenta. Prvi argument leži u činjenici da se kod Galileija formira kompleks zbirka prirodnog gibanja ili “stanja” koje pripada tijelu kao takvom. U to prirodno gibanje-stanje, kao što smo vidjeli, spada mirovanje, jednoliko pravocrtno gibanje po horizontali, jednoliko ubrzano pri slobodnom padu, a također u tu zbirku ulazi i jednoliko kružno gibanje planeta. Odavde slijedi i drugi argument, jer prirodna gibanja po sebi ne zahtijevaju nikakvu vanjsku silu ili djelovanje. Keplerova koncepcija elipsi zahtijevala je uvođenje pojma gravitacijske sile.<sup>30</sup> Ni Galilei ni bilo koji njegov pristalica neće prihvatiti “magijsko privlačenje”, nego rješenje jedino u svojstvu inercijalnog gibanja kao “perpetuale uniforme”.<sup>31</sup>

Također, iako je došlo do brisanja razlike između nebeske i zemaljske mehanike, ovo gibanje i dalje ostaje privilegija samo za nebeske objekte, jer jednoliko kružno gibanje na Zemlji ne spada u tu klasu. Dakle, kompleksno

<sup>29</sup> Ovaj navod nalazimo kod Erwina Panofskyog koji također konstatira: “On [Galilei] ih je, čini se, isključio iz pameti, na jedan način koji bi se mogao nazvati postupkom automatske eliminacije, kao nešto što je u nesuglasju s načelima koja su vladala njegovom mišlju isto kao i njegovom maštom” (Panofsky, 1954, str. 2).

<sup>30</sup> Dakako, Kepler nije bio spreman na tu apstrakciju pa je rješenje tražio isto na razini kompleksnog mišljenja preko magijskog odnosno magnetskog djelovanja i shvaćanja Sunca kao Božanstva koje djeluje na planete.

<sup>31</sup> Možemo kao ilustraciju navesti Koyréovo razmišljanje koji je na tragu ovog istog zaključka. Galileijev odgovor na pitanje što planete tjera da se gibaju u krug on odgovara: “S druge strane, zato što je, odbacivši aristotelovsku koncepciju gibanja, Galilei došao do koncepcije gibanja-stanja i do otkrića principa inercije, koji je proširio i na kružno gibanje ili, točnije, iz kojega nije isključio to gibanje – zato, dakle, Galilei nije imao potrebe da postavlja sebi to pitanje, pa se, poslije dugog razmišljanja o problemu *a quo moventur projecta?*, zadovoljio odgovorom koji je dobio – *a nihilo*” (Koyré, 1981, str. 128).

mišljenje, iako je izvršilo obrat spram gibanja s *promjene* na *stanje*, i dalje se nalazi u polju konkretnog i zato se čini da je ovo izvjesni recidiv aristotelizma, tj. da određeni objekti na određenom mjestu imaju određeno gibanje.

Kao ilustraciju navedimo Galileijevu hipotezu o nastanku Sunčeva sustava. Još je, po Galileiju, Platon<sup>32</sup> tvrdio da je Bog stvorio sve planete u nekom veoma udaljenom području našeg sustava, pa su odatle prepušteni *padanju* k Suncu. Kada su planeti stigli na svoje različite putanje, njihovo se gibanje preobrazilo u jedno jednoliko kružno gibanje. Uspoređujući brzine gibanja moglo bi se naći mjesto odakle su planeti počeli s padanjem.

Dakle, za Galileija se sva nebeska tijela gibaju prirodnim ubrzanim gibanjem do svog mjesta, odakle se počinju gibati jednoliko kružno. Analizirajući ovakav stav možemo zaključiti da se pravocrtno gibanje ovdje identificira s jednolikim ubrzanim, tj. slobodnim padom, odvojenim od gravitacijskog polja Zemlje. To je gibanje, dakle, ono što imanentno pripada tijelu koje pada, neka vrsta stanja. Na drugoj strani, planet, kada dođe do svog mjesta, skreće tangencijalno i prelazi u jednoliko kružno gibanje, koje je također stanje i za čije gibanje nije potrebna sila.

Mnogi su autori kasnije postavljali pitanje kako Galilei prelazi iz jednog gibanja u drugo, kada davanje tangencijalne brzine, tj. promjena smjera gibanja, zahtijeva intervenciju sile? Ovo je moguće zato jer, kao što smo rekli, prirodno ubrzano gibanje, mirovanje i jednoliko kružno gibanje spadaju u jednu zajedničku kompleks zbirku, pod jednim zajedničkim kompleksom inercijalnog gibanja, tj. gibanja kao stanja. Dakle, ako je tako, zašto bi prijelaz iz stanja u stanje zahtijevao intervenciju sile?

Možda još zornije možemo prikazati vezu između ovih stanja u sljedećem citatu: Možemo, dakle, reći da *pravocrtno gibanje* služi za dovođenje materije do samog djela koje treba napraviti; ali, jednom napravljeno, ono [djelo] mora ostati *nepomično*, ili ako se [ono] giba, onda to mora biti *kružno* [prema Koyré, 1981, str. 288, kurziv dodan].

Vidimo kako Galilei spaja ova tri stanja gibanja. Kako slobodni pad ima lokalno-vremenski karakter, što znači da ne može vječno trajati, na kraju će tijelo mirovati ili se jednoliko kružno gibati, a ta su gibanja sama po sebi vječna. Dakle, razlika između stanja pravocrtnog gibanja (slobodni pad) i drugih stanja je u tome što je ono vremenski ograničeno, ali po svojoj naravi prelazi nužno u oblik stanja koje je vječno. Zato Galilei i počinje objašnjenje

<sup>32</sup> Mnogi su povjesničari tražili ovu tvrdnju kod Platona, ali ona nije pronađena. Ovo je vjerojatno izmislio sam Galilei kako bi dao važnost svojoj hipotezi. Kao ilustraciju navedimo stavak iz *Dijaloga o dva glavna svjetska sustava*: "Osим ukoliko ne kažemo, kao Platon, da je tijela svijeta [planeta], kad su bila napravljena i potpuno završena, neko vrijeme njihov Tvorac pokretao pravocrtno, ali kad su stigla na određena i utvrđena mjesta, bila su, jedno za drugim, potaknuta da se okreću ukруг, prelazeći iz pravocrtnog u kružno gibanje, u kome su od tada ostala i drže ga se i dan-danas; to je veličanstvena misao, dostojna Platona..." (prema Koyré, 1981, str. 288).

o nastanku svijeta slobodnim padom planeta, jer je to uvodno stanje u pravo stanje jednoliko kružnog gibanja, koje inače ne bi moglo bez djelovanja sile, po sebi, prijeći iz mirovanja u jednoliko kružno gibanje nekom određenom brzinom.

Zanimljivo bi bilo pokazati zašto se nebesko tijelo, koje je stvorio Bog, ne giba odmah nekom brzinom. Navedimo Galileijev citat o tom pitanju:

Nisam rekao i ne bih se usudio reći da je nemoguće da su Priroda ili Bog dali [Jupiterovu tijelu] brzinu o kojoj govorite u jednom trenutku; ali bih mogao reći da, *de facto*, priroda to ne čini; prema tome, to bi bila radnja koja je izvan prirodnog i – samim time – čudotvorna [prema Koyré, 1981, str. 289].

Ovo je objašnjenje bitno iz dva razloga. Kao prvo, kao nemogućnost tog slučaja on navodi “očiglednost”, tj. traži potvrdu u konkretnom gibanju, mada je kružno gibanje planeta kao “perpetualimente uniforme” u drugoj poziciji nego bilo koje kružno gibanje na Zemlji.<sup>33</sup> Ovu spregu može napraviti samo kompleksno mišljenje koje ne izaziva nelogičnost. Kao drugo, Galilei zna da bi u tom početnom kružnom gibanju imao ubrzano gibanje, što je u ovom kompleksu nemoguće. Kao što smo već ranije naveli, ono je konkretizirano i ima ulogu stanja-gibanja pa je logično da se za postizanje brzine koristi ono koje se može prirodno gibati od nule i prijeći, bez ikakvih problema, iz jednog prirodnog stanja u drugo prirodno stanje. Pošto imamo kompleks, a ne pojmovnu strukturu, taj prijelaz ne izaziva nelogičnost. Ovu je činjenicu dobro uočio i Koyré:

Izgleda da kod Galileija nije takav slučaj i da se, po njemu, ove dvije operacije ne nalaze na istoj razini: dati gibanje tijelu koje miruje jedna je stvar, a promijeniti pravac – uz zadržavanje njegove brzine – tijelu koje je već u gibanju, to je nešto drugo; zakon kontinuiteta djeluje u prvom slučaju, jer tu nije riječ o proizvođenju nečega novog; dok ne djeluje u drugom slučaju, gdje se promjena tiče samo jedne nebitne i površne karakteristike gibanja, a ne mijenja se njena bitna realnost, niti se stvara nešto što već nije postojalo [Koyré, 1981, str. 291].

Ovdje se može istaknuti činjenicu da Galilei ne govori o jednoliko pravocrtnom gibanju, koje kao inercijalno ima također vremensku neograničenost. To nije moguće, jer kompleksno mišljenje nije u stanju dostići tu apstrakciju i ono se nalazi, kao što smo već rekli, samo u sprezi s konkretnim slučajem kod horizontalnog hitca. S druge strane, mirovanje i jednoliko kružno gibanje planeta, iako su vremenski neograničena stanja, spadaju u konkretno opažajno polje i imaju prostorno lokalni karakter, dok bi uvođenje eksplicitnog gibanja po pravcu kao jednolikog imalo za implikaciju ne samo vremensku nego čak i prostornu neograničenost, što će se i dogoditi u kasnijoj definiciji koju daje Newton, ali kod Galileija ta apstrakcija još nije moguća.

<sup>33</sup> Kao što kaže Koyré: “[Po Galileiju, kružno gibanje planeta] oko Sunca *ne stvara centrifugalne sile*, pa stoga nikakva Sunčeva privlačna sila nije potrebna da bi se oni zadržali na svojim putanjama i da bi ih opisivali” (Koyré, 1981, str. 291).

Ponovimo još jednom da u Galileijovoj kozmologiji jedno jednoliko ubrzano gibanje omogućuje planetima postizanje odgovarajuće brzine počevši od mirovanja. Kada se dostigne odgovarajuća brzina, tijelo bez ikakve “intervencije” spontano prelazi u jednoliko kružno gibanje oko Sunca. Ovakva konstrukcija nije uopće neobična imamo li u vidu sljedeće činjenice. Prvo, slobodni pad i jednoliko kružno gibanje spojeni su u jednu kompleks zbirku prirodnoga gibanja. U takvoj zbirci ne postoji nikakva nelogičnost da se iz jednog stanja prijeđe u drugo bez ikakve intervencije. Drugo, nadovezivanje jednoliko kružnog gibanja na slobodni pad je nužno jer samo se putem slobodnog pada na prirodan način može iz stanja mirovanja doći do odgovarajuće brzine kojom tijelo nastavlja s jednolikim kružnim gibanjem. Ovo lijepo uočava i Koyré:

Zanimljivo je spomenuti da za Galileija vječno trajanje kružnog gibanja, barem kada su u pitanju nebeski fenomeni, ne predstavlja nikakav problem; pravocrtno se gibanje javlja, prije svega, kao gibanje promjenjive brzine – ubrzavano ili usporavano – dok kružno, naprotiv, ima sve osobine inercijalnog gibanja: ono je “perpetualmente uniforme”. Zato, kada u toku i uslijed svog “silaznog” gibanja planeti dostignu brzinu koju im je Bog odredio te kad njihova pravocrtna gibanja budu zamijenjena kružnim, ovo će se vječno nastavljati samo od sebe i neće – za razliku od newtonovske koncepcije – morati biti zadržavani blizu Sunca bilo kakvom privlačnom silom, pošto njihova gibanja ne stvaraju nikakvu centrifugalnu silu [Koyré, 1981, str. 301].

#### 4. Pojmovna i terminološka osnova

Na kraju ovog kratkog izlaganja možemo obratiti pozornost na još neke, uvjetno rečeno, *pojmove* koje Galilei koristi. Već smo rekli da je podjela gibanja još pod utjecajem kompleksnog mišljenja, pa je za očekivati da i parametri koji opisuju to gibanje nisu dostigli potrebnu apstrakciju.

Galilei je vizualni fizičar i u gibanju ga najviše zanimaju veličine koje se vide, tj. put i brzina, a prisiljen je dodati im i vrijeme. U konačnoj verziji kinematike, on uglavnom koristi te tri veličine te uvodi još jednu – moment – koju ćemo kasnije analizirati. Koristi pojam “ubrzanje”, ali samo kao jednoliko ubrzanje i svodi ga na jednoliko povećanje brzine te on ne figurira izravno u njenom kvantitativnom opisu. Ovo je još daleko od ubrzanja ili usporenja kao dinamičke veličine koja se kasnije koristi u Newtonovoj fizici. Objašnjenje možemo naći u činjenici da je ubrzanje uglavnom povezano sa slobodnim padom, a kao što smo rekli, ono se nalazi u kompleks zbirci stanja. Zbog toga je “ubrzanje” ili jednoliko povećanje brzine za Galileija prirodno, kao što je prirodno jednoliko pravocrtno gibanje ili mirovanje.

Kompleksno mišljenje koje omogućuje operacionalizaciju konkretno-opazajnog, u ovom slučaju eksperimentalnog pristupa, nema tu snagu da dovede do potpune apstrakcije i veličina koje se mjere. Tako je brzina koju on koristi brzina jednolikog gibanja te ona nije vektor nego skalar, tj. ima samo brojnu vrijednost. Takvo posjedovanje strukture neće moći dovesti,

primjerice, do jednostavnog pojma koji bi omogućio relaciju  $v = s/t$ , već ostaje u okviru grčkog pristupa i on koristi samo homogene proporcije i piše isključivo (prostor/prostor – “prema” – vrijeme/vrijeme). Izraz za put u jednolikom gibanju je (put/put = vrijeme/vrijeme – “puta” – brzina/brzina).

Galilei također razumije trenutnu brzinu (*velocita* ili *grado velocita*), ali veže je samo za prirodno gibanje i ne može je dovesti do apstrakcije ni u logičkom ni u matematičkom obliku. Tako da, primjerice, u razmatranju slobodnog pada govori o *brzini kojom je prijedan put AD*, što s logičkog stajališta nije moguće, jer se brzina mijenja na putu AD. No kako nemamo strogo logičku strukturu, kompleksno mišljenje omogućuje prenošenje značenja s jednolikog gibanja na jednoliko ubrzano. Kompleksno mišljenje, iako u osnovi ne može dostići onu potpunu apstrakciju koja se pojavljuje u pojmovnoj strukturi, ima i određenu pozitivnu ulogu: ono se, u izvjesnom smislu, ponaša kao “katalizator” u početnoj fazi stvaranja pojmovne strukture. Prisjetimo se početka našeg izlaganja u kojem smo pokazali kako je jedna pogrešna hipoteza otklonjena i usuglašena s eksperimentalnim rezultatima. Kako eksperimentalni rezultati traže teorijsku osnovu, Galilei daje odgovor, ali opet na pogrešan način. Ovo je moguće zbog fleksibilnosti kompleksnog mišljenja koje bez ikakvih nelogičnosti pronalazi neku drugu formu kako bi objašnjenje koreliralo s eksperimentalnim rezultatima. Možemo reći da je to osjetio i Galilei, jer iako objašnjenje nije smatrao pogrešnim, ipak ga je shvaćao kao početnu hipotezu, a ne kao konačno rješenje.

Sukladno prethodno rečenom možemo navesti jedan zanimljiv primjer toga kako kompleksno mišljenje može odigrati i pozitivnu ulogu u stvaranju teorije. Pri razmatranju slobodnog pada Galilei se suočio s praktičnim problemom mjerenja vremena. On to nadahnuto rješava prelazeći na kosu ravninu, koja pravi mali kut s horizontalom. Ta praktična pogodnost omogućuje precizno mjerenje prijedanih putova i vremena (tj. brzine), a kako u matematičkom obliku koristi proporcije, on dobiva točne odnose veličina kao i kod slobodnog pada. Ovo je moguće jer se u oba slučaja javlja jednoliko ubrzano gibanje, dakako s različitim konstantama koje se u proporciji krata. Slobodni pad i gibanje duž kose ravnine u biti su dva različita gibanja, ali kako u njegovoj teoriji oni spadaju u razinu prirodnih gibanja, među njima ne postoji razlika te se rezultat mjerenja može prenijeti s jednog na drugo. Dakako, ovo je moguće samo uz prisutnost kompleksnog mišljenja i kompleksa zbirke prirodnog gibanja-stanja.

Zbog toga Galilei može pronaći put od empirijskih brojevanih podataka do matematičkih funkcija. Tu se zaustavlja njegov induktivni put i on ne stiže do onih općih principa, čak i kada su mu nadohvat ruke. Mnogi autori opisuju Galileijev rad kao ograničen na empirijske zakone koji slijede neposredno iz mjerenja-promatranja bez jasne teorijske osnove. Ove su kritike djelomično točne jer njegova je kinematika zapravo dinamika,<sup>34</sup> gdje je kom-

<sup>34</sup> Ako dinamiku pretpostavimo kao znanost o gibanju i njegovim uzrocima, onda u izvjesnom smislu imamo i kod Galileija pokušaj konstitucije jedne takve dinamike. Kao zoran

pleksno mišljenje omogućilo jednu teoriju, ali ono nema tu moć apstrakcije koju će kasnije imati druge teorije.

Odsustvo znanstvene pojmovne strukture dovest će do toga da Galilei nigdje zapravo ne daje definicije termina koje koristi. On zanemaruje tu prvu kariku demonstracija i dopušta nedopustivo brkanje termina. Ovo je logično kada se shvati da on ostaje na razini onog neposredno opažajnog i uz kompleksno mišljenje izvlači empirijske pojmove, stvarajući zbirke koje ne omogućuju strogu definiciju (zato jer nisu pojmovi), ali omogućuju suvislu operacionalizaciju.

Navedimo kao ilustraciju uvođenje termina “momento”. Znamo da je u sklopu eksperimentalnog određenja ili – bolje rečeno – usporedbe brzina tijela Galilei koristio efekte ili učinke gibanja. Na primjer, kuglica prilikom silaska niz strmu ravninu vrši neki rad ili efekt i on je prinuđen uvesti novu fizikalnu veličinu koju naziva “moment”. No on ga nigdje nije dao u obliku definicije ili u funkciji ostalih poznatih i točno određenih veličina, tako da moment ostaje jedna kvalitativna veličina. Tako ostaje sve do kraja te u *Dvije nove znanosti* ne znamo ništa više o “momentu” nego što smo znali prije. Ova neodređenost nije izmakla njegovim kritičarima – evo kako Galilei odgovara na kritiku “poznatog Akademika”:

Efikasnost ne zavisi samo od *jednostavne težine*, već i od brzine gibanja i od različitosti nagiba pravca gibanja; jer, silazeća težina ima veći *impetus* na nagutoj ravnini. Sve u svemu, ma kakva bila prilika te efikasnosti, ona uvijek sadrži naziv “moment”. Po mome mišljenju taj smisao izraza nije nov u našem jeziku, jer ako se ne varam, mi često kažemo: “*Ovo je težak posao, a taj drugi je malog momenta*”, ili “*Da se pozabavim lakšim stvarima, a da izostavim one od momenta*” [...] metafore<sup>35</sup> koje su, mislim, uzete iz mehanike [prema Mladenović, 1986, str. 143, kurziv dodan].

Na osnovi ove izjave trebalo bi se raditi o efikasnosti, ali taj bi se izraz teško mogao primijeniti na moment, koji on koristi u statički i kinematički. No ono što nam se čini zanimljivim je to kako on koristi obični vokabular kao dokaz postojanja nečega što bi moglo biti moment. Ovo pokazuje da je izvorište ovog “pojma” u empirijskoj razini i da ga se koristi prema potrebi. On će nekada biti “efikasnost”, nekada “impetus”, a nekada “djelujuća brzina”

primjer možemo navesti njegovo objašnjenje o uzroku nastanka plime i oseke. U *Dijalogu* u “Četvrtom danu” nalazi se Galileijeva hipoteza o plimi i oseci, koju objašnjava kao posljedicu orbitalnog i rotacionog gibanja Zemlje, a odbacuje Keplerovu hipotezu o Mjesečevu privlačenju. Ovo nije ništa drugo nego pokušaj da se prirodno gibanje plime i oseke objasni prirodnim gibanjem Zemlje, tj. rečeno našim riječima, sve se odigrava u kompleks zbirci. U izvjesnom smislu i Einstein komentira, u svome predgovoru engleskom prijevodu *Dijaloga o dva glavna svjetska sustava*, ovu pogrešnu hipotezu: “Galilejeva težnja za mehaničkim dokazom Zemljinog gibanja zavela ga je da formulira pogrešnu teoriju plime. Fascinantni argumenti u posljednjem razgovoru jedva bih prihvatio kao dokaz i sam Galilei da njegov temperament nije nadvladao” (u Galilei, 1967).

<sup>35</sup> Napomenimo da je metafora na koju se Galilei oslanja također odraz kompleksnog mišljenja.

itd., što pokazuje da opet imamo neizdiferencirani pojam, zapravo kompleks zbirku.

Kompleksno mišljenje omogućuje stvaranje zbirki budućih pojmova i ono omogućuje Galileiju da, iako nema znanstvene pojmove, stvori kakvu-takvu teorijsku osnovu za svoje eksperimentalno istraživanje. Tako nije čudno da se pri čitanju Galileija susrećemo s više izraza koji označavaju istu veličinu i s jednim izrazom koji ima više značenja. Ilustrirat ćemo to problemom koji su imali prevoditelji *Dvije nove znanosti* na engleski. Oni su često bili prinuđeni u zagradi stavljati talijanske izraze kako ne bi došlo do prevelike zbrke. Tako za *momentum* imamo *momento, impeto, celeritatis momenta, velocità ed impeto, velocità e forza, impetum e percossa, impetus seu momento*; za *speed* imamo *velocità, grado di velocità, momentum celeritatis, impeto, accelerazione*; za *speed or momentum* imamo *la quantità del impeto*; za *initial speed* imamo *impeto e violenza*; za *force* imamo *forza, impeto, resistenza, vigore*; za *entire force* imamo *momento totale*; za *component of the force* imamo *momento parziale*.<sup>36</sup>

Na kraju možemo reći da Galilei svoju kinematiku (tj. dinamiku) gradi slično kao Aristotel, na empirijskoj razini i pomoću kompleksnog mišljenja. Njegova se teorija razvija na raspadu aristotelovske fizike, ali ne dostiže dovoljan stupanj apstrakcije koji bi omogućio stvaranje jedne konzistentne pojmovne strukture u koju bi se ugradili njegovi eksperimentalni rezultati, što će kasnije učiniti tek Newton. Možda za ilustraciju njegove sličnosti s Aristotelom i oslanjanja na empirijsku razinu – dakako, obogaćenu eksperimentom – može poslužiti odlomak iz pisma Lichiju, koje on piše pred kraj života:

Siguran način sprovođenja istine jest stavljanje iskustva (eksperimenta) ispred bilo kojeg *zaključivanja*, jer sigurni smo da će nekakva zabluda biti sadržana u ovom drugom, možda i skriveno, jer nije moguće *da osjetilno iskustvo* bude suprotno istini. Ovo je pak isto preporuka mnogo cijenjena od *Aristotela* i stavljena daleko ispred vrijednosti i sile bilo čijeg autoriteta u svijetu [Drake, 1978, str. 409, kurziv dodan].

Galilei je svjestan manjkavosti svoje teorije i zaključivanja, ali kao što smo vidjeli u ovoj kratkoj analizi, on uvijek traži teorijsku osnovu eksperimentalnih rezultata. On nigdje ne daje – a možemo reći kako i ne može dati – definiciju termina koje koristi i čini se da zanemaruje tu prvu kariku demonstracije. Ovdje se može naslutiti značaj kompleksnog mišljenja u stvaranju znanstvene teorije.

Gledano sa suvremenog stajališta, Galilejevi eksperimenti uopće ne bi bili konzistentni. Jednostavno rečeno, ne može se mjeriti ono što nije jasno definirano. No ako se želi dati točnu definiciju onoga što treba mjeriti, onda moramo imati izgrađenu pojmovnu strukturu – i tu ulazimo u začarani krug. Kako doći do znanstvene pojmovne strukture bez eksperimentalnih rezul-

<sup>36</sup> Navedeni popis pokazuje još jednom da Galilei nije pročistio ni pojam sile. Za njega je sila neki *impetus*.

tata, koje opet ne možete ispravno izvesti bez ove prve. Upravo ovdje svoju ulogu ima kompleksno mišljenje, koje se javlja kao izvjesni katalizator teorije. Ono nema snagu apstrakcije koja bi omogućila točne definicije, ali svojom fleksibilnošću stvara komplekse zbirke, pseudo pojmove itd. koji omogućuju suvislu interpretaciju i eksperimentalno ispitivanje, te uklapanje rezultata u pseudo-teoriju. Ono će krpiti logičke praznine te omogućiti uspoređivanje tek stvorenih pojmova i njihovo početno strukturiranje.

### 5. Umjesto zaključka

Na kraju možemo reći sljedeće. Dok je kod Aristotela kompleks funkcionirao unutar strukture i bio u funkciji te strukture (na izvjestan način kao katalizator teorije), kod Galileija to nije slučaj. On još nema potpunu pojmovnu strukturu pa možemo reći da je njegova teorijska osnova uronjena u kompleksnu razinu. Galilei je bio svjestan manjkavosti svoje teorijske osnove, tj. nepotpunosti pojmovne strukture. U takvoj je situaciji utjecaj kompleksnog mišljenja evidentan i dovodi do lutanja. No oslanjanje na matematičku strukturu i eksperiment Galilei uspijeva formirati u jednu stabilnu teorijsku organizaciju. Kompleksno mišljenje također nije proizvoljno nego je u funkciji navedene organizacije; tako se, primjerice, formiraju izvjesne grupacije (tj. kompleks zbirke) koje će biti osnova za novu sistematizaciju i formiranje pojmovne strukture kakva je Newtonova. Možemo u izvjesnom smislu reći da je kompleksno mišljenje podignuto na višu razinu i dovedeno u – da kažemo kuhnovskim jezikom – u pred-paradigmično razdoblje.

Tako, primjerice, kompleksno i pojmovno mišljenje ostaju na razini onog konkretnog, onemogućujući potpunu apstrakciju gibanja, inercije itd. No na drugoj strani imamo izvjesno grupiranje (tj. zbirke “prirodnog” gibanja), koje je posljedica kompleksnog mišljenja, ali upravo to grupiranje u ovako pred-teorijskom razdoblju omogućuje ispravni matematički opis složenog gibanja kao i ostala kinematička opisivanja. Bez obzira što će dovesti do neispravnih zaključaka, taj će kompleks pripremiti osnovu za novo pojmovno strukturiranje fizike. Također, prenošenje značenja s fizikalnih na matematičke entitete, koje je opet omogućeno posredstvom kompleksnog mišljenja, omogućit će uvođenje matematike u fizikalni opis svijeta što predstavlja odlučujući korak u razvoju znanstvene misli.

Možemo konstatirati, dakle, kako nova organizacija fizike koju započinje Galilei nije mogla biti oslobođena kompleksnog mišljenja. Ipak, ono je podignuto na višu razinu, tako da je omogućena jedna predorganizacija kao pretpostavka daljnjeg razvoja i pojave dominantne pojmovne organizacije poput Newtonove fizike.

### Bibliografija

- S. Drake (1978), *Galileo at Work – His Scientific Biography* (Chicago: Chicago Press).
- G. Galilei (1929–1930), *Opere*, Edizione Nazionale, vol. 1–20, drugo dopunjeno izdanje, ur. Antonio Favaro (Firenza: Barbera).
- (1954), *Dialogues Concerning Two New Sciences*, prev. H. Crew i A. de Salvio (New York: Dover Publications, Inc.).
- (1960), *On Motion and on Mechanics*, prev. I. E. Drobkin i S. Drake (Madison: University of Wisconsin Press).
- (1967), *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, prev. S. Drake (Berkeley: University of California Press).
- M. Jammer (1964), *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics* (New York: Harper Torchbooks).
- A. Koyré (1981), *Naučna revolucija* (Beograd: Nolit).
- M. Mladenović (1986), *Razvoj fizike: mehanika i gravitacija* (Beograd: IRO).
- E. Panofsky (1954), *Galileo as a Critic of the Arts* (La Haye: Martinus Nijhoff).
- J. Piaget (1983), *Porijeklo saznanja* (Beograd: Nolit).
- (1970), *Genetic Epistemology* (New York: W. W. Norton & Company).
- A. Ule i Z. Primorac (2005), “Pojava kompleksa u pojmovnoj strukturi Aristotelove *Fizike*” (rukopis, bit će objavljeno u časopisu *Filozofska istraživanja*).
- L. Vigotski (1977), *Mišljenje i govor* (Beograd: Nolit).

---

### The Appearance and Role of Complexes in Some of Galileo Galilei's Claims

ZORAN PRIMORAC  
ANDREJ ULE

ABSTRACT: We discuss the role of the pre-conceptual complex thought in scientific knowledge and in the development of science. The heterogeneity and imagination of complex thought enables the preservation of the conceptual structure and helps re-shape entire theoretical nets, however, its downside is reflected in its latent contradiction and inconsistency. This paper is a continuation of our analysis of the relationship between complex and conceptual thought in Aristotle's *Physics*. If Aristotle's central complex is the notion of “place”, then Galileo's basic complex is the notion of “(mechanical) movement”. Since Galileo didn't have an elaborated conceptual structure of mechanics, we can say that his theoretical basis is “steeped” in the level of complex thought, yet it relies on the mathematical structure and experiment, thereby creating a stable theoretical organization which serves as a basis for the new theoretical systematization and for the shaping of a conceptual structure as Newton's. Thus, we may claim that, in a certain way, this change raised complex thought in science to a higher level, and brought it to a pre-paradigmatic period.

KEY WORDS: Complex, concept, scientific knowledge, natural movement, inertia.

---