

Milutin Stojanović

Strukturalni Realizam – Potraga za Nosiocem Realnosti

Apstrakt U poslednje dve decenije stara rasprava o realnosti nauke zaokrenula je od pitanja o statusu entiteta ka statusu strukura koje nauka opisuje. Pokušaću da predstavim prednosti i mane ovog novog realističkog fokusa na strukure i istovremeno analiziram širu sliku razvoja naučnog realizma. Strukturalnim realizmom baviću se u formi u kojoj se može naći kod Džona Voralta i Džejmsa Lejdmena. Posebno, ispitivaću odnos njihovih rešenja prema argumentu na osnovu naučnih revolucija – pesimističkoj meta-indukciji. Tvrdiću da ove realističke strategije nisu dovoljno ubedljive da bismo napravili takav skok u ontologiji i pretpostavili postojanje “onostrane” strukture (nezavisno od pitanja da li je to naučno relevantno) – prvenstveno zato što ni jedna ni druga ne uspevaju da na zadovoljavajući način identifikuju strukturu, koliko god generalnu, koja se u smeni naučnih teorija akumulira.

Gljučne reči: realizam, pesimistička meta-indukcija, smena naučnih teorija, struktura, elektromagnetizam, simetrije, invarijantnost, naučna metodologija

Zaista, izgleda mi kao da je pozicija koju oni stvarno brane toliko razblažena forma ‘realizma’ – ako je to realizam uopšte – da je jedva razlučiva od pozicije instrumentaliste.

Lari Laudan, “Realizam bez Realnog”

1. Uvod

Naučne teorije referiraju na neopažljive entitete.¹ Preciznije rečeno, one sadrže *termine* poput bottom kvark, elektro-magnetno polje ili graviton koji nemaju opažljive analoge. Prima facie filozofsko razumevanje ovih termina jeste da oni predstavljaju realan opis sveta “sa one strane” pojava, odnosno da neopažljivi entiteti realno postoje. Posmatrano sa nivoa čitave teorije, prihvaćena naučna teorija se uzima kao istinita. Ovo stanovište, poznato kao naivni naučni realizam, biće temelj dalje analize statusa neopažljivih entiteta u nauci. Cilj ovog rada biće predstavljanje logičkog (nasuprot istorijskog) razvoja filozofskog shvatanja neopažljivog u nauci.

Naivni naučni realizam se odmah suočava sa starim anti-realističkim argumentom na osnovu promene naučnih teorija – takozvana pesimistička meta-indukcija – koji se može pronaći još u radovima Poenkarea i Dijema, ali je svoj najjači oblik dobio u radovima Kuna i Laudana. Argument je zasnovan

1 Istraživanje je rađeno u okviru projekta “Dinamički sistemi u prirodi i društvu: filozofski i empirijski aspekti” OI 179 041, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

na tvrdnji da su se revolucionarne promene dogodile u prihvaćenim naučnim teorijama, gde je prilikom smene teorija došlo do odbacivanja starih teorija i njihovih neopažljivih entiteta. Ako su se prethodne teorije koje smo smatrali istinitim ispostavile lažne i ako su neopažljivi entiteti koje smo smatrali realnim sada odbačeni, verovatno je da će se isto desiti sa teorijama koje trenutno smatramo istinitim i entitetima koje smatramo realnim. Dakle, po indukciji, imamo jakog osnova da budemo anti-realisti u pogledu savremenih naučnih teorija.

Danas je opšte prihvaćeno da naučni progres nije striktno kumulativan na teorijskom nivou. Da bi realista objasnio modifikacije i revizije naučnih teorija (njihovu striktnu nekumulativnost) potrebno je da u određenoj meri izmeni svoju tezu. Ovo se obično čini tako što se realizam ograničava samo na "zrele" naučne teorije i na pripisivanje tim teorijama samo približne (tj. aproksimativne) istinitosti.² Jasno definisanje pojmova zrelosti i aproksimativne istinitosti nailazi na razne teškoće. Ja se neću njima ovde posebno baviti zato što čak i ako prihvatimo da se ovi pojmovi mogu definisati na odgovarajući način, gornji anti-realistički prigovor ostaje jer, kako god mi definisali približnu istinitost, još uvek je potrebno dokazati na konkretnim primerima da pored nedostatka striktno kumulativnosti naučnih teorija postoji kontinuitet onih delova teorija u vezi kojih želimo da budemo realisti. Problem ne zavisi od pretpostavljene definicije, već od analize slučajeva u istoriji nauke. Prigovor se tako svodi na pitanje o suštinskoj kumulativnosti dveju teorija u nizu, iznad kumulativnosti njihovih empirijskih posledica: ako uzmemo dve po svakom standardu "zrele" teorije – na primer, Njutnovu teoriju gravitacije i Ajnštajnovu teoriju opšte relativnosti – da li se može reći da je Njutnova teorija aproksimacija Ajnštajnovе?

611

Ako bi mogao Njutnovu teoriju da predstavi kao specijalni slučaj Ajnštajnovе onda realista ne bi imao problema: Njutnova teorija bi bila približna istini utoliko što ne bi predstavljala čitavu istinu, ali bi bila istinita za brzine značajno manje od brzine svetlosti. Međutim, Ajnštajnova teorija se ne može predstaviti kao ekstenzija Njutnovе stoga što su ove teorije striktno govoreći inkonzistentne: ako je teorija relativnosti istinita, Njutnova teorija mora biti lažna u svakoj instanci. Ne samo što je klasična mehanika lažna čak i za makroskopske objekte koji se kreću brzinama malim u odnosu na svetlost, nego su čak i njena *predviđanja* kretanja najvećih i najspornijih objekata

2 Aproksimativnu istinu teorija na koju se pozivaju realisti treba pažljivo razlikovati od pojma "aproksimacije" koji se koristi u nauci i filozofiji nauke, a koji se odnosi na približnost matematičkih rešenja, nezavisno od približnosti njihovih referencija. Sa druge strane, pojam približne istinitosti pokušava da identifikuje specifične delove naučnih teorija koji najviše zaslužuju naše, bilo eksplanatorno ili ontološko, epistemičko obavezivanje. Klasičan primer izdvajanja ovog epistemički relevantnog dela teorije je Poperova, formalno legendarno problematična, definicija aproksimativne istine putem pojma "istinolikosti".

striktno lažna; samo što njihova lažnost leži duboko unutar eksperimentalne greške (!).³ Ovaj slučaj smene teorija je revolucionaran ne samo u smislu revizije istina, nego i samih entiteta koje Njutnova teorija postulira. Ona tvrdi, na primer, da je prostor beskonačan, vreme apsolutno, i da je masa tela konstantna, dok iz Ajnštanove sledi da je prostor konačan, a vreme i masa relativni. Ipak, u nekim slučajevima, Njutnovi zakoni izgledaju kao razumne aproksimacije jer mogu biti izvedeni iz Ajnštajnovih jednačina zanemarivanjem nekih termina i uvođenjem nekih aproksimacija (odustajanjem od akcije na distancu, linearizacijom jednačina polja...). Dakle, problem se svodi na određivanje *u kojoj tačno meri se tokom smene teorija neopažljivi entiteti odbacuju ili revidiraju i u kojoj meri stare istine ostaju da važe, kao i na odgovaranje na pitanje “Da li je to dovoljno za realizam?”*.

612

U svakom slučaju, meni se čini, prihvatanje revolucionarnosti naučne promene – tj. odricanje jasne kumulativnosti naučnog teorijskog znanja – je tačka od koje svaka dalja analiza istine i neopažljivog u nauci mora da počne. Pre toga pomenuću neke realističke pokušaje da se ovaj zaključak izbegne.

Standardno postoje dva načina da se ospori argument radikalne teorijske promene u nauci: 1) da se usvoji tumačenje referencije (na neopažljive entitete) prema kome se napušteni teorijski termini ipak mogu smatrati kao da (približno istinito) referiraju (vidi na primer Hardin & Rosenberg 1982); i 2) da se realizam ograniči na one delove teorija koji igraju suštinsku ulogu u izvođenju kasnije potvrđenih (novih) predviđanja, i da se tvrdi kako su termini prošlih teorija koji se sada smatraju kao da ne referiraju zapravo nesuštinski (na primer Psillos 2011 ili Kitcher 1993). Oba ova pokušaja izbegavanja suštinske nekumulativnosti teorijskog znanja imaju ozbiljnih problema. Prvi čini uspešnu referenciju toliko lakom da neko može uspešno referirati na entitet (recimo masu) čak i ako je u krivu u pogledu mnogih njegovih osobina (u gornjem slučaju njene promenljivosti, tj zavisnosti od brzine). Očiti problem je što ovo čini pojam referencije toliko bledim i neodređenim da je pitanje da li njegova upotreba ima više smisla. Drugi pokušaj se oslanja na post hoc razlikovanje između centralnih (suštinskih) i nesuštinskih termina u jednoj naučnoj teoriji. Ovo stvara opasnost da odlučivanje koji su termini centralni a koji ne u jednoj napuštenoj teoriji zasnujemo na tome koji su termini zadržani u smeni teorija – što bi učinilo ovu strategiju ad hoc.

Ovi pokušaji izbegavanja suštinske nekumulativnosti naučnog teorijskog znanja – u smislu neaproksimativnosti istina i termina odbačenih teorija – ovde neće biti predmet dalje analize. Ono zbog čega ove alternative ipak jesu zanimljive, posebno druga od njih, jeste karakterističnost filozofske opcije da u nekoj tački napravimo podelu između suštinskog (ili čak naučnog)

3 Naravno, ako se ograničimo samo na približnost empirijski utvrdljivih posledica, odrekli smo se realizma.

i nesuštinskog dela naučne teorije. Podela koja nije, naravno, nužno pogrešna, ali koju je potrebno odbraniti u svetlu kritike. Ja ću se dalje prvenstveno baviti analizom realističke strategije koja *direktno* prihvata anti-realistički izazov za specifikacijom ‘realnog’, odnosno koja pretenduje da pruži odgovor na pitanje “Šta je *tačno* to u pogledu čega smo realisti?”⁴

2. Strukturalni realizam

Elementi strukturalnog realizma mogu se istorijski locirati kod niza velikih filozofa nauke, uključujući Poenkarea, Kasirera, Šlika, Rasela i Karnapa. Mene to neće ovde zanimati, već ću se baviti njime u njegovoj razvijenoj formi u kojoj se nalazi kod Džona Voralala (John Worrall) i Džejsma Lejdimenta (James Ladyman). Lejdimenov radikalni strukturalni realizam ostavićemo, zasad, po strani.

Voralova realistička pozicija temelji se na prihvatanju revolucionarnog karaktera naučnog teorijskog znanja i na neodustajanju od realizma. On se pita:

“kada bi mogla biti razvijena pozicija koja zadržava neke od intuicija ispod argumenta ‘bez čuda’ a koja se ipak, u isto vreme, poklapa sa istorijskim činjenicama promene teorija u nauci, onda bi ona bila uverljivija nego pragmatizam ili pretpostavljeni realizam [jedine dve anti-realističke opcije⁵].” (Worrall 1989: 111)

Iz ovog citata očit je Voralov motiv – modifikacija realizma tako da se sada slaže sa činjenicama u istoriji nauke. Razlog zbog koga Voral odlučuje da modifikuje umesto odbaci realizam je upravo argument “bez čuda”, odnosno intuicije koje stoje iza njega. On ima sledeću strukturu:

- a) bilo bi čudo da naučne teorije budu empirijski uspešne koliko jesu da nisu (približno) istinite,
- b) nećemo prihvatati čuda ako imamo alternativu bez njih,
- v) ta alternativa je (klasični) realizam,
- dakle, g) (klasični) realizam – tj. naučne teorije su (približno) istinite.

Iako je pretpostavka (a) vrlo važna zbog osporavanja anti-realističkih alternativa, ključna pretpostavka u ovom argumentu za realistu je, očit, (v)⁶

4 Za detaljnu analizu pretenzija ostalih formi realizma i za razloge njihovog uzdržavanja od odgovora na ovo pitanje vidi Psillos 2011.

5 Nije sasvim jasno da li je pretpostavljeni realizam zapravo anti-realizam ili realizam, kao što Voral tvrdi; iako je jasno da on značajno odstupa od realizma time što neopažljive entitete čini epistemički nedostupnim. Ova Voralova prethodna filozofska pozicija zanimljiv je uvid u njegovo razumevanje pojma “realnog”.

6 Trebalo bi spomenuti i nejasan status pretpostavke (b), pošto su se, na primer, upravo na nju pozivali osmnestovekovni mehanicisti protiv Njutnovog pojma sile, tj. akcije-na-daljinu, a danas vidimo kako je istorija nauke presudila. (Stara) filozofska poenta bi bila da,

– empirijski uspeh naučnih teorija objašnjen je njihovom približnom istinitošću. Drugim rečima, ako pretpostavimo realizam, onda nauka ne izgleda kao čudo. Pored ove tvrdnje o istinitosti naučnih teorija obično je implicitno prokrijumčarena referencija teorijskih termina, pošto većina realista prihvata (referencijalnu) tezu da svet verovatno sadrži entitete veoma slične onima postuliranim od strane naših najuspešnijih teorija (vidi Laudan 1981: 22).

614 Posle Laudanove razorne kritike (ibid.), čija instanca je gornji Njutn-Ajnštajnov primer gubitka ili revizija istina i neopažljivih entiteta, retko ko bi se usudio na pozivanje na (v), i na argument ‘bez čuda’ uopšte. Ipak, grubo rečeno, za negativnu intuiciju iz (a), nasuprot od one pozitivne iz (v), nije skroz jasno da je pogrešna. Otud ostaje određena sumnja da u ovom argumentu možda ‘nešto ima’, preciznije, da ako nam anti-realizam izgleda kao čudo (prema (a)), možda je problem samo u tome što nismo znali pravilno da formulišemo realizam, tj. da specifikujemo tačno koji delovi naučnih teorija opisuju ono što je realno.

Voral se, naravno, ne oslanja na ceo argument ‘bez čuda’ nego na intuicije iza njega zato što je klasični realizam, kao što smo već istakli, u neskladu sa istorijom nauke. Intuicije iza njega koje Voral deli bi se mogle sumirati na sledeći način: jedini način da nauka ne izgleda kao čudo je da postoji deo teorije koji je realan opis onostrane stvarnosti.

Da bi Voral opravdao ovu intuiciju on mora pronaći neki elemenat naučnih teorija koji se zadržava u njihovoj smeni – mora pokazati šta se *tačno* akumulira, iznad i pored njihovih istinitih empirijskih posledica. Videli smo da to ne mogu biti teorijski termini i istine o njima. Onaj deo koji on izdvaja kao realan je *struktura* naučnih teorija (Worrall 1989, 117). Kontinuitet ili akumulacija koja postoji u promeni teorija je kontinuitet forme ili strukture, a ne sadržaja. Ovo je, sa jedne strane, više nego prenošenje istinitih empirijskih posledica u novu teoriju, a, sa druge, manje nego prenošenje celokupnog teorijskog mehanizma (makar i u aproksimativnoj formi). Naravno, pojam strukture nephodno je jedinstveno izdvojiti.

Da bismo precizno razumeli koji deo teorije Voral ima na umu misleći na njenu strukturu analiziraćemo primer koji on daje u prilog teze o akumulaciji strukture. Ovaj primer je ujedno i najoštrije od primera koje Laudan daje upravo za isticanje neakumulativnosti relevantne za klasični realizam: odbacivanje pojma etra klasične fizike, i, posebno, odbacivanje pojma etra u smeni Frenelove (Fresnel) klasične talasne teorije svetlosti Maksvelovom (Maxwell) elektromanetnom teorijom.

ako neka teorija razumu izgleda čudno, to ne mora mnogo da govori o njenoj empirijskoj adekvatnosti; možda je kvantna mehanika najbolji primer ovoga.

Tačka Frenelove teorije na koju ćemo se skoncentrisati je pretpostavka da se svetlost sastoji od periodičnih poremećaja koji potiču od njenog izvora i prenose se opšte prisutnim mehaničkim medijumom – etrom. Osnovna osobina ovog medijuma je generisanje elastičnih sila koje svaki njegov deo koji je poremećen iz stanja ekvilibrijuma vraćaju u početni položaj. Uprkos izvesnih dinamičkih problema, ova teorija je, u svoje vreme, imala veliki predviđalački uspeh. Njena snaga i značaj nisu sporne tačke u realističkoj debati: “Ako se to [Frenelovo predviđanje ‘bele tačke’] ne računa kao empirijski uspeh, ništa se ne računa!” (Laudan 1981: 27); ili, jače, “Ako se Frenelova teorija ne računa kao ‘zrela’ nauka onda je teško videti šta se računa” (Worrall 1989: 116).

Ipak, Frenelov elastični mehanički etar je potpuno odbačen u daljem razvoju nauke i zamenjen elektromagnetnim poljem u Maksvelovoj elektromagnetnoj teoriji svetlosti. Primitivni entitet, u kome je svetlost bila periodični poremećaj, sada više nije bio etar nego “neotetovoreno” elektromagnetno polje. S druge strane, sva uspešna predviđanja optičkih fenomena od strane Frenelove teorije su zadržana, odnosno posledica su i Maksvelove.

615

Između ove dve krajnosti Voral pokušava da pronađe mesto za strukturalni realizam i tvrdnju da iako je Frenel potpuno pogrešno identifikovao prirodu svetlosti, njegova teorija joj je ipak pripisala pravu strukturu. Etar nije apokismacija elektromagnetnog polja, ali poremećaji u njemu prate zakone formalno slične elastičnim poremećajima u mehaničkom etru. Tako Voral zaključuje da:

“ako se ograničimo na nivo matematičkih jednačina – ne, primetite, fenomenalni nivo – postoji potpuni kontinuitet između Frenelove i Maksvelove teorije” (Worrall 1989: 119).

Prvo pitanje koje se nameće ovde jeste da li je ova tvrdnja u skladu sa istorijom nauke. S obzirom da su Frenelove jednačine preuzete potpuno neaktivne, samo reinterpetirane, od strane Maksvela, odgovor je, naravno, da. Jedino što je zbog toga ovaj primer unekoliko nereprezentativan. Mnogo češći slučaj matematičkog kontinuiteta u smeni teorija, prema Voralu, jeste da se stare jednačine pojavljuju kao granični slučajevi novih jednačina. U tom slučaju one su striktno govoreći inkonzistentne, kao u gornjem primeru Njutn-Ajnštajnovne smene, ali “nove teže starima kao što neka veličina teži nekoj granici” (Worrall 1989: 120).

Nije sasvim jasno da li je kontinuitet strukture definisan na osnovu analogije sa graničnim vrednostima funkcija nešto više od kontinuiteta istinitih empirijskih posledica. Odnosno, da li je ovaj drugi, češći tip kontinuiteta nešto više od toga da u određenom domenu nove jednačine daju rezultate kojima su empirijski približni rezultati starih jednačina. Jer pogledajmo kako se strukturalistička teza instancira u Njutn-Ajnštajnovom primeru.

Pretpostavimo da se bavimo slučajem u kojem materijalno telo ne poseduje potencijalnu energiju. U klasičnoj mehanici formula za kinetičku energiju tela je $E_k = \frac{1}{2}mv^2$. Po specijalnoj teoriji relativnosti, ukupna energija tela (bez potencijalne energije) je $E = \gamma m_0 c^2$ što kada se razvije ima oblik:⁷ $E = m_0 c^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 + \frac{3}{8} \left(\frac{v}{c}\right)^4 + \frac{5}{16} \left(\frac{v}{c}\right)^6 + \dots \right]$. U slučajevima kada je brzina tela značajno manja od brzine svetlosti, odnosno kada razlika v/c teži nuli, ova jednačina se prelazi u: $E \approx m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$. Ako ovu jednačinu uporedimo sa jednačinom za kinetičku energiju u klasičnoj mehanici odmah uočavamo matematičku (strukturnalnu) sličnost – relativistička energija je približna klasičnoj kinetičkoj energiji uvećanoj za $m_0 c^2$, što je, za datu masu, konstantna vrednost. U skladu sa strukturalističkom tezom, slučaj u kome se stare jednačine pojavljuju kao granične vrednosti novih jednačina je kada razlika v/c teži nuli; odnosno, pošto je brzina svetlosti konstantna, kada brzina tela teži nuli.

616 Međutim, ako je brzina tela jednaka nuli relativistička energija jednaka je mc^2 , a, kao što je poznato, u klasičnoj mehanici telo u mirovanju nema kinetičku energiju. Kako protumačiti ovu činjenicu? Kao prvo, jasno je da su se pojam energije, kao i pojam mase, znatno promenili. Ono što je stvarni problem jeste da li ćemo gornju matematičku sličnost protumačiti kao dovoljnu za tvrdnju matematičkog kontinuiteta, odnosno da li je opravdano reći da se matematička zavisnost energije od brzine tela (s obzirom na datu masu mirovanja) prenela iz klasične u relativističku fiziku. Odgovor je, izgleda, i da i ne.

Da, zato što relativistička jednačina za energiju tela koje se kreće brzinom malom u odnosu na brzinu svetlosti ima sličan oblik kao klasična jednačina, odnosno na matematički sličan način zavisi od njegove brzine. Ne, zato što energija, pošto je moguće da je telo ima i u mirovanju, sada više nije samo mehanički (tj kinetički) fenomen. Ranije smo imali zakon održanja mase i zakon održanja energije. Sada, kada su masa i energija postali uzajamno pretvorivi, očito je da je pitanje da li je došlo do smene ili do razvoja teorije stvar pojmovnog okvira, tj. perspektive koju ćemo zauzeti.

Čak i ako prihvatimo postojanje određenog kontinuiteta na matematičkom nivou, to je, sasvim eksplicitno, kontinuitet koji ne uključuje zadržavanje teorijskih entiteta prethodne teorije i, što je posebno bitno, ne zadržava njene istine. Ovo drugo je veoma zanimljiv problem zato što postaje jasno da kontinuitet o kome je reč ne može da se svrsta u standardne matematičke oblike kontinuiteta, za koji su potrebni kontinuitet istina i kontinuitet ontologije, jer nova teorija ne može da pripiše vrednosti onim varijablama koje u njoj ne postoje (Grunbaum 1976: 22). Ovo, naravno, ne znači da ovakav kontinuitet nije moguće definisati (na primer putem Okvirne

7 m_0 je masa tela u mirovanju.

teorije – vidi Fletcher 2015), nego samo to da moramo biti veoma oprezni kada procenjujemo šta taj kontinuitet zapravo znači. Dalje razvijanje strukturalnog realizma mora se fokusirati na *specifikovanje koliki deo i na koji tačno način* se matematika teorije zadržava, ili akumulira, u smeni teorija. Bez toga nemamo oko čega da budemo realisti.

2.1 Problem odbačenih jednačina

Ono što bih sada istakao jeste da matematički kontinuitet još uvek nije dovoljan da bismo imali realizam. Da bi kumulativnost na matematičkom nivou bila osnova za realizam, potrebna je dodatna teza da matematika teorije, ili barem neki njen deo, reprezentuje neopažljive entitete ili procese, a ne da je samo korisno apstraktno sredstvo za izvođenje empirijski proverljivih tvrdnji. Pošto Voral ne izdvaja posebno nijedan deo matematike sadržane u jednoj naučnoj teoriji, moramo zaključiti da on pod strukturom misli na većinu (dobre) matematike sadržane u njoj. Ako ovde jeste reč o kontinuitetu ‘dobre’ matematike prethodne teorije, onda bi trebalo da su jednačine prethodnih uspešnih naučnih teorija mahom reinterpretirane u teorijama koje su ih nasledile ili prenesene kao granični slučajevi.

617

Uzmimo za primer poznatu Frenelovu formulu za predviđanje i merenje delimičnog vučenja etra od strane masivnih objekata. Prema korpuskularnoj teoriji svetlosti, indeks prelamanja svetlosti supstance kao što je staklo zavisi od odnosa brzina svetlosti u vazduhu i u staklu. 1810, pokušavajući da izmeri brzinu svetlosti, Fransoa Arago (François Arago) je eksperimentalno utvrdio da pri posmatranju zvezda nema razlike u prelamanju svetlosti kada ona udari u staklenu prizmu ispred teleskopa, bez obzira na različite brzine kojima se zvezde kreću i na brzinu kretanje Zemlje u odnosu na njih u različitim godišnjim dobima. Da bi objasnio ovaj rezultat, Frenel je ispitao Aragov eksperiment pomoću talasne teorije svetlosti i predložio da staklena prizma vuče deo etra za sobom, tako da se on nalazi u njoj u većoj količini, što dalje povećava brzinu svetlosti u njoj. Pošto brzina svetlosti zavisi od gustine medijuma, njena brzina u pokretnoj prizmi treba da se prilagodi količini “povučenog” etra. Sa datim indeksom prelamanja svetlosti n , brzina svetlosti kroz staklo, ne uzimajući u obzir vučenje etra je $v_n = \frac{c}{n}$. Prilagodavanje vučenju je izraženo formulom $v_d = v\left(1 - \frac{\rho_e}{\rho_s}\right)$, gde je ρ_e gustina etra u okolini, ρ_s gustina etra u staklu, a v brzina prizme u odnosu na etar. Pošto indeks prelamanja n zavisi od gustine etra, konačna brzina svetlosti u staklu je data Frenelovom formulom $V = \frac{c}{n} + v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$.

Ova Frenelova ispravka uspešno je objasnila nula-rezultat Aragovog eksperimenta. Takođe, ona je uvela koncept uglavnom stacionarnog etra, koga vuku supstance kao što je staklo, ali ne i vazduh. Takođe, njen koeficijent vučenja je 1851. potvrđen čuvenim Fizoovim (Armand Fizeau) eksperimentom gde svetlost putuje kroz krećuću vodu, a zatim i čitavim nizom

drugih eksperimenata od kojih su najpoznatiji Hoekov iz 1868. (Martin Hoek), Eriov iz 1871. (George Biddell Airy) i Maskartov iz 1872. (Éleuthère Mascart).⁸ Prvi udarac Frenelovoj teoriji bio je 1887. Majklson-Morlijev (Michelson-Morley) eksperiment, čime je počelo skupljanje evidencije protiv nje, sve do poptunog odbacivanja etra u specijalnoj relativnosti.

Sad, da li možemo reći da je gornja Frenelova jednačina granični slučaj neke jednačine iz teorije relativnosti? S obzirom da prema specijalnoj relativnosti etar kao supstacija ne postoji, kojih njenih jednačina gornja formula može da bude granični slučaj? Ovo otvara problem pripisivanja realnosti matematičkoj strukturi teorije. Ako se deo matematike koji je imao ekstenzivnu empirijsku proveru i potvrdu nije zadržao u smeni teorija, i samim tim ne predstavlja realnu strukturu stvarnosti, kakvog osnova imamo da pretpostavimo realnost onog dela matematike koji se zadržao. Ovo, dalje, dovodi čitav strukturalni realizam u opasnost da bude ad hoc teorija – da post hoc proglasi one delove matematike koji su se zadržali kao relane, a one koji su naučnim razvojem odbačeni kao ne. Kao što je van Frasen (van Fraassen) već primetio⁹:

618

“razlika između strukture i sadržaja izgleda nikada nije razlučiva unapred. [...] Atomi su još uvek tu na nekom nivou, dakle to je bila struktura. Etar nije više tu, ni na jednom nivou, dakle to je bila greška u sadržaju.” (2006: 290)

Ovde vidimo da Voralovo neizdvajanje nekog *određenog dela* matematike kao baš onog koji reprezentuje realnost i istovremeno odbacivanje tokom smene teorija nekih, naizgled bitnih, delova teorije zajedno sa njihovim jednačinama, vodi do toga da razlika između strukture i sadržaja postane nejasna. Ovaj argument, naravno, nema za posledicu potpuno odbacivanje strukturalnog realizma. On je zapravo samo instanca problema istaknutog u prethodnom odeljku – da je strukturalni realizam potrebno razviti specifikovanjem na koji način se matematika teorije akumulira i koji tačno njen deo. Upravo na ovome zasnovan je rad Džejmsa Lejdimena.

3. Lejdimenov radikalni strukturalni realizam

Neposredan motiv Lejdimenovih istraživanja je problem identičnih čestica u kvantnoj mehanici, odnosno, šire, “nuđenje ontologije koja odgovara ‘novoj fizici’ kvantne mehanike i opšte relativnosti” (Ladyman 2001: 61). Specifično, ovo je “pokušaj zamenjivanja individualno zasnovane ontologije drugom koja više odgovara dvadesetovekovnoj nauci” (loc.cit.). Njegov strukturalni realizam je radikaln u smislu da se bazičnim ontološkim entitetom više ne

8 Zahvaljujući ovim novim predviđanjima koja je Frenelova teorija o vučenju etra imala, prema samim Voralovim standardima (koji su danas opšte prihvaćeni), ne može biti sumnje da je ona bila zrela naučna teorija.

9 Originalni prigovor o neodređenosti razlike između strukture i sadržaja pripada Psilosu (Psillos) 1995: 31-2.

smatraju individue koje sačinjavaju strukturu, već sama ova struktura. Uoliko, realizam više nije epistemološka teza da su realicije među individuama u svetu i relacije tih relacija (tj. njihova struktura) sve što možemo znati o prirodi, već metafizička – da u svetu ničega i nema osim strukture. Pre nego što predem na Lejdimenovu vezu sa Voralom i analizu njegovog mesta u razvoju realizma napomenuću nešto o ovim Lejdimenovim motivima.

Prilagođavanje ontologije novoj fizici ne može da ima perspektivu u kontekstu ove filozofske debate o realnosti pretpostavljenih neopažljivih entiteta zato što takva jedna ontologija ne može da zaobiđe pesimističku meta-indukciju. I pored odgoaranja najsavremenijoj fizici, koja je potvrđena ogromnim brojem eksperimetalnih rezultata sa gotovo neverovatnom preciznošću, ona i dalje ostaje samo jedna ontologija kurentne naučne teorije. Meta-indukcija upravo o njoj zaključuje da nema osnova da verujemo da ona neće biti odbačena u daljem razvoju nauke, kao što su bile odbačene prethodne ontologije. Argument u prilog strukturalnog realizma mora da bude zasnovan dublje u istoriji nauke i mora, kao što smo gore već istakli, da pokaže kakva se tačno to struktura očuvala tokom smene naučnih teorija. Odnosno, mora tu, koliko god generalnu strukturu, matematički specificovati. Alternativno, mora se pokazati zašto, uprkos meta-indukciji, imamo osnova da smatramo aktuelnu teoriju kao baš onu koja je prva uspjela zaista da "uhvati" stvarnost.¹⁰

619

Pošto je predmet ovog rada logičko razvijanje realističke pozicije, ja ću se fokusirati smo na one aspekte Lejdimenovog rada za koje mi se čini da odgovaraju na probleme susretnute u Voralovom strukturalnom realizmu. Analizirajući ovu poslednju poziciju, videli smo da je za čitavo pitanje realizma odlučujuća stvar precizno identifikovanje šta je to struktura. Motivisan ontološkim interpretacijama problema identičnih čestica u kvantnoj mehanici Lejdimen skreće pažnju na invarijantnost kao "definitivan trag strukture". Prateći eminentnog fizičara Hermana Vejla (Hermann Weyl) on na osnovu upotrebe teorije grupa u modernoj fizici pronalazi načine da odgovori na pitanje "šta je struktura?" i time eksplicira strukturalni realizam. Glavna filozofska poenta je da matematički pojam invarijantnosti Vejl koristi da okarakteriše pojam *objektivnosti* (Ladyman 1998: 420). Ideja je da u fizici imamo različite reprezentacije koje mogu biti transformisane

10 Za ovu alternativu teško da bi bili dovoljni isključivo filozofski razlozi. Izgleda da je jedini logički prostor za direktno suprotstavljanje meta-indukciji u pokazivanju unutar same nauke da za datu oblast više neće biti otkrivani relevantni fenomeni – a ovo već zvuči suludo – da smo, na primer, ispitali ponašanje čestica materije na najvišoj mogućoj temperaturi (recimo Plankovoj temperaturi – mada ovaj izbor očito zavisi od teorije i, što je važnije, naše predstave o njenoj potpunosti). Naravno, moguće je i dovođenje u pitanje samog meta-induktivnog argumenta, odnosno revolucionarnosti promena koje su se desile u istoriji nauke; što je standardna strategija klasičnog realizma (vidi, na primer, Psillos 1995).

ili prevedene jedne u druge, i da onda imamo invarijantno stanje pod takvim transformacijama koje predstavlja objektivno stanje stvari. Tako, prema ovom gledištu, elementarne čestice su samo skupovi veličina koje su invarijantne pod grupama simetrije fizike čestica (ibid: 421).

620

Na prvi pogled, uzimanje invarijantnosti kao osnove za identifikovanje strukture na direktan način bi rešilo mnoge, gore pomenute probleme strukturalnog realizma. Kao prvo, pomoću nje bi mogla da se postavi jasna razlika između strukture i sadržaja: samo one matematičke osobine i zakoni koji su invarijantni pod permutacijama pripadaju strukturi, oni koji nisu pripadaju sadržaju. Time bi problem odbačenih jednačina postao rešiv tako što, pošto je struktura okarakterisana samo delom matematike, više ne bi bilo očekivano da se sva matematika prethodne teorije zadrži nakon smene; naravno, ovo bi onda trebalo ispitati slučaj po slučaj. Ujedno, bio bi nagovešten odgovor i na opštiji problem akumuliranja strukture – akumulacija je proizvod uočavanja invarijantnosti među konkurentnim teorijama, odnosno pronalaženja nove teorije u okviru koje su obe teorije specijalni (ili granični) slučajevi; na prvi pogled, u ovakvu sliku se lako uklapaju najupečatljiviji slučajevi akumulacije u istoriji nauke kao što je, recimo, Maksvelovo objedinjavanje Gausovih, Faradejevih i Amperovih zakona u njegovim elektromagnetnim jednačinama, ili izjednačavanje inercijalne i gravitacione mase tela u Njutnovoj mehanici.

Analiza invarijantnosti bi mogla da se ispostavi kao izuzetno značajna za dublje razumevanje nauke, međutim, postoji načelan problem u njenom korišćenju kao sredstva za eksplicaciju strukturalnog kontinuiteta potrebnog za realizam. Teorija invarijantnosti se bavi opisima simetrija pomoću grupa. Simetrija u geometriji je transformacija koja ostavlja objekat istim, tj. identičnim samome sebi. Simetrija u fizici je generalizovana tako da znači invarijantnost (tj. nedostatak promene) pod određenim transformacijama, na primer, arbitrarnim koordinatnim transformacijama. Problem je što u oba slučaja samoidentitet zapravo znači istost u *svim relevantnim aspektima*. Konkretno u fizici, invarijantnost je invarijantnost *pod određenim* transformacijama – tako je na primer klasična mehanika invarijantna pod Galilejevih, dok su za specijalnu relativnost potrebne Lorencove transformacije. Ova relativnost zakona spram odabranih transformacija čini objektivnim samo one veličine koje smo odabirom transformacija odabrali da budu invarijantne.¹¹ Ovu poentu jasno je izneo Robert Nozik:

“U fizici, invarijantnosti koje su otkrivene važe samo do određenog nivoa. Opšta relativnost ne pokazuje invarijantnosti pod globalnim Lorencovim transformacijama. Mi ne znamo za transformacije pod kojima postoji

11 Kao što je već van Frasen okarakterisao gornju Vejlovu ideju: “Koji su relevantni aspekti – koji su nesuštinski aspekti, irelevantni parametri koji u smertijama mogu da variraju – je ekvivalentno pitanju koje transformacije su simetrije” (2006: 292).

invarijantnost na svakom nivou (osim možda transformacije koje idu sa održanjem naelektrisanja). Ako je objektivnost invarijantnost pod svim dozvoljenim transformacijama, da li je onda *išta* objektivno?" (Nozick 1997: 27 – italik je u originalu)

Poenta je da invarijantnost zbog svoje kontekstualne zavisnosti ne predstavlja matematičku osnovu kakva je realisti potrebna. Zapažanje da u smeni naučnih teorija grupe invarijantnih transformacija postaju sve šire i šire¹² ima izuzetnog filozofskog značaja, ali nije sasvim očito šta nam eksplikacija strukture putem invarijantnosti govori o tako opisanom svetu, to jest, kako ide u prilog realizmu.

Treba napomenuti da Lejdimen ne insistira na invarijantnosti kao osnovi za definisanje strukture:

“Ovaj pojam strukture [definisne putem invarijantnosti] može nam pružiti jedan način da ekspliciramo strukturalni realizam, iako je ovo pitanje za dalju studiju.” (Ladyman 1998:421)

621

On ne insistira na ovoj sugestiji ni u svojim kasnijim radovima¹³. Ipak ova sugestija je, barem u kontekstu ovog rada, najznačajniji predlog za razvijanje realističke pozicije.

Tačna uloga invarijantnosti ostaje otvoreno, perspektivno pitanje. Pored toga u radikalnom strukturalnom realizmu postoji problem kako shvatiti realnosti strukture osim preko nosećih entiteta. Pomenuli smo da je glavna razlika u Lejdimenovom pristupu u odnosu na Voralov njegovo razumevanje strukture kao ontološki fundamentalne.¹⁴ Problem koji ovo stvara jeste da, ako strukturu treba da shvatimo kao *jedini* realan entitet, nije jasno zašto to i dalje uopšte zovemo strukturom. Ako nema nečega što postoji, makar to bilo nesaznatljivo kao u Voralovoj slici, što stoji u odnosima opisanom strukturom, kakav je smisao razlikovanja strukture od ne-strukture? Lejdimenov odgovor na ovaj problem je da:

“Kada su teorije empirijski adekvatne one nam govore o strukturi fenomena i ova struktura je (barem delom) modalna struktura. Međutim, još uvek postoji razlika između strukture i ne-strukture: fenomeni imaju strukturu ali oni nisu struktura.” (Ladyman 2001: 74)

12 Zapravo skup zakona koji ostaju invarijantni se proširuje, a sami koordinatni sistemi postaju sve manji i manji: tako, na primer, u prelasku na opštu relativnost koordinatni inercijalni sistemi u kojima su zakoni specijalne relativnosti Lorenc-invarijantni imaju značajno redukovanu veličinu, u zavisnosti od stepena zakrivljenosti prostora.

13 U 2001, na primer, na eksplicitno pitanje “šta je struktura?” u odgovoru uopšte ni ne pominje invarijantnost.

14 Ovde je zanimljiva Psilosova sugestija da smo upravo ovu distinkciju između ontološki realnog i epistemički dostupnog odbacili “negde tokom naučne revolucije sedamnaestog veka” (1995: 31).

Ako je sve što postoji u prirodi fenomeni i njihova struktura (koja je predstavljena matematičkim i fizičkim opisima datim u teorijama), da li ovako formulisana pozicija može da se nazove realizam. Koliko se ovo malo razlikuje od onoga što bi anti-realista rekao vidimo iz sledećeg van Frasenovog citata:

“[P]ostoje (kako u individualnom iskustvu tako i u nauci) samo dve vrste stvari kojima se bavimo direktno. Ovo su, sa jedne strane, konkretne, opažljive stvari, događaji i procesi u prirodi, i, sa druge strane, apstraktne strukture proučavane u matematici. Strukturu prvih karakterišemo putem drugih.” (van Fraassen 2006: 297)

4. Zaključak

622 Bez invarijantnosti Lejdimenova pozicija dolazi u ozbiljnu opasnost da kolabira u empirizam. Neću da sugerišem da on toga nije svestan, nasuprot. Ono što hoću jeste da se njegova pozicija, koju on smatra neophodnim razvojem Voralovog strukturalnog realizma, veoma približila empirističkoj. To se jasno može videti po tome što se interna rasprava između Lejdimena i van Frasena svela na pitanje da li struktura koju empirizam pripisuje fenomenima ima modalni karakter (vidi Ladyman, 2000 i 2001). Bez dubljeg ulaženja u ovo pitanje na ovom mestu, izgleda da bi realističke intuicije mnogo više dobile specifikacijom akumulirane matematike nego modalnom analizom.¹⁵ Možda bi bilo bolje vratiti se invarijantnosti, sve da ona i povlači nepostojanje objektivnosti.

Govoreći o intuicijama, vidimo da originalni argument “bez čuda” nije opravdao mesto koje su mu mnogi filozofi pripisivali. Verovanje u postojanje različitog broja čestica u jednom istom prostoru zavisno od usvojenog okvira referencije (kako kvantne teorije polja postavljaju) svakako nije ono na šta je klasični realista mislio. Gledajući iz šire perspektive, izgleda da je čitava debata oko realizma išla sledećim tokom: intuitivno uverenje da je za objašnjenje uspeha nauke potrebno postojanje čitavog onostranog sveta, i postepeno ublažavanje te teze kroz inkorporiranje činjenica o istoriji nauke. To što još nismo pronašli tačku gde ćemo ovo prilagođavanje zaustaviti, naravno, ne znači da ničeg realnog ni nema. Ali znači da moramo biti veoma obazrivi (ako ne i rezervisani) kada se u filozofiji petljamo sa intuicijama umesto sa pravim argumentima.

Ipak, meni se čini da je osnova realističke motivacije (potreba za objašnjenjem uspeha nauke) u izvesnoj meri filozofski neadekvatno postavljena. Sporazumevanje šta se računa kao uspeh nauke neodvojivo je od odgovora

¹⁵ Pogotovo ako se uzme u obzir da je načine za razumevanje modalnosti bez ontološkog obavezivanja van Frasen razvio još u 1980. i u 1989.

na pitanje “Šta je cilj nauke?”.¹⁶ Kada se jednom prebacimo na ovu perspektivu, nedvosmisleno je da je odgovor “empirijska adekvatnost”. Direktna, mada, gledajući realističke spise, ne tako očita posledica jeste da nećemo pred buduće naučne teorije stavljati nikakva ograničenja, osim da budu empirijski adekvatne, odnosno, preciznije, da proizvode nova predviđanja.¹⁷ Suprotno, prihvatajući određenu verziju realizma implicitno ćemo postaviti uslove koje svaka naredna naučna teorija mora da zadovolji. Jer prema realizmu neke stvari, pošto su istinita saznanja o stvarnosti, se ne smeju nikad odbaciti u daljem razvoju nauke.¹⁸ Da li mi imamo epistemičkih osnova da bismo postavili pred nauku (i)jedno ovako jako ograničenje?

Literatura

- Bueno, O. (2000), “Empiricism, Mathematical Change and Scientific Change”, *Studies in the History and Philosophy of Science* 31, pp. 269–96.
- Fine, A. (1998), “The Viewpoint of No-One in Particular”, *Proceedings of the American Philosophical Association* 72, pp. 9–20.
- Fletcher, S. (2015), “On the Reduction of General Relativity to Newtonian Gravitation”, preprint.
- Ghirardi, G. (2013), “The Parts and the Whole: Collapse theories and systems with identical constituents”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 44, pp. 40–7.
- Grünbaum, A. (1976), “Can a Theory Answer More Questions than One of Its Rivals?”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 27, No. 1, pp. 1–23.
- Hardin, C. & Rosenberg, A. (1982), “In Defence of Convergent Realism”, *Philosophy of Science* 49, pp. 604–15.
- Kitcher, P. (1993), *The Advancement of Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Ladyman J. (1998), “What is Structural Realism?”, *Studies in History and Philosophy of Science* 29, pp. 409–24.
- Ladyman J. (2000), “What’s Really Wrong with Constructive Empiricism?: van Fraassen and the Metaphysics of Modality”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 51, pp. 837–56.
- Ladyman J. (2001), “Science, Metaphysics and Structural Realism”, *Philosophica* 67, pp. 57–76.
- Ladyman J. (2011), “The Scientific Stance: the empirical and materialist stances reconciled”, *Synthese*, 178, pp. 87–98.
- Laudan, L. (1981). “A confutation of convergent realism”, *Philosophy of Science* 48(1), 19–49.

16 Kako Poankare prosto odgovara na ovo pitanje: “Frenelov cilj nije bio da sazna da li zaista postoji etar, da li je ili nije sastavljen od atoma, da li se ovi atomi kreću na ovaj način ili onaj; njegov cilj je bio da predvidi optičke fenomene.” (1905: 160).

17 Ovime zaobilazimo logički neprihvatljive, tj. veštački postignute empirijske adekvatnosti.

18 Ovo se ništa ne menja tvrdnjom da su naučne teorije aproksimativno istinite, jer i onda neka saznanja ipak moraju ostati. Inače, dolazimo u situaciju koju je Voral 1989: 106 opisao kao fotografisanje razvijajućeg punoglavca u razmacima od jedne sekunde – svake dve uzastopne fotografije liče jedna na drugu, ali ako se realizam sveo na tvrdnju da je punoglavac aproksimacija odrasale žabe onda to značajno menja stvari.

- Laudan L. (1984), "Discussion: Realism without the Real", *Philosophy of Science* 51, pp. 156–62.
- Norton, J. (1987), "Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space," in J. Forge (ed.), *Measurement, Realism and Objectivity*, Reidel, pp. 153–88.
- Nozick, R. (1998), "Invariance and Objectivity", *Proceedings of the American Philosophical Association*, 72, pp. 21–48.
- Poincare, H. (1905), *Science and Hypothesis*, New York: The Walter Scott Publishing.
- Psillos, S. (1995), "Is structural realism the best of both worlds?", *Dialectica* 49, pp. 15–46.
- Psillos, S. (2011), "Scientific Realism with a Humean Face", u S. French and J. Saatsi (eds.), *The Continuum Companion to the Philosophy of Science*, Continuum, Great Britain, ch. 5, pp. 75–95.
- van Fraassen, B.C. (1980), *The scientific image*, Oxford, Clarendon Press.
- van Fraassen, B.C. (1989), *Laws and Symmetry*, Oxford, Oxford University Press.
- van Fraassen, B.C. (2006), "Structure: its Shadow and Substance", *British Journal for the Philosophy of Science*, 57, pp. 275–307.
- Weston, T. (1992), "Approximate Truth and Scientific Realism", *Philosophy of Science* 59, pp. 53–74.
- Worrall, J. (1989), "Structural Realism: The Best of Both Worlds?", *Dialectica* 43, pp. 99–124.
- Worrall, J. (2011), "Underdetermination, Realism and Empirical Equivalence", *Synthese* 180, pp. 157–72.

Milutin Stojanović

Structural Realism – The Search for a Bearer of Reality

Abstract

In the last two decades the old debate concerning reality of science shifted from questions regarding scientific entities to questions regarding scientific structures. I will present and assess advantages and drawback of this new realists' focus on structures, and at the same time analyze the wider picture of development of the scientific realism. The structural realism will be tackled in the form encountered in works of John Worrall and James Ladyman. Special attention will be devoted to the relationship of their solutions to the argument based on the scientific revolutions – the pessimistic meta-induction. I will argue that these realist's strategies are not sufficiently convincing to steer us to make a leap in ontology and presume the existence of meta-physical structure (regardless of the question is it scientifically relevant) – in the first place because neither one of them manages to satisfactorily identify a structure, however general, which accumulates in the scientific-theory change.

Keywords: realism, pessimistic meta-induction, scientific-theory change, structure, electromagnetism, symmetries, invariability, scientific methodology