

Henry Margenau
Metafizički elementi u fizici
Prijevod: Emil Kušan

Metafizički elementi u fizici¹

Henry Margenau

Prijevod: Emil Kušan

1. Što je metafizika?

Prijevodi

Čini se da su oznake našeg doba njegovi *tabui*, među kojima je ustaljena konvencija o zabrani korištenja riječi *metafizika* u pristojnom druženju sa znanstvenicima. Kada god narušim taj običaj, a naslov me ovog rada ostavlja bez obrane, dvije su uobičajene reakcije: profesionalni će fizičar reći (nakon što si u bradu promrlja koju bezazlenu kletvu): „Zašto se gnjaviti metafizikom kada ima sasvim dovoljno fizike da zaokupi svačiju pažnju, pa čak i previše? Onaj tko danas govori o metafizici samo pokazuje svoj zastarjeli ukus i nedovoljno znanje“. Dobronamjerni će prijatelji, zajedno s ljubaznijim pojedincima, tolerirati moje narušavanje bontona, očekujući da ću se iskupiti vađenjem nekog nesretnog dijela metafizike još uvijek zaostalog u modernoj fizici i prezirnim obračunom s istim.

Obje ću grupe šokirati, prvu bez isprike i žaljenja, drugu s blagom zabrinutošću i u nadi da ću pridobiti njihove simpatije za svoju točku gledišta. Naime pristajem uz tezu da u fizici ne samo da ima metafizičkih elemenata, već da ih i treba biti – smisao će ove tvrdnje postati jasniji nakon kratke rasprave o povijesnom značaju metafizike.

Treba se naglasiti da grčki prijedlog *meta* nije istoznačan prijedlogu *anti*; nadalje, upotreba riječi *meta* nije nikada u povijesti filozofije trebala označavati odnos predmeta proučavanja discipline zvane metafizika prema onome što proučava fizika. Dobro je poznato da je prijedlog imao isključivo mjesno značenje, tj. označavao je onu Aristotelovu knjigu koju je rimski urednik smjestio *iza* knjiga o fizici. Neobičnom je promjenom značenja, za koju je teško naći drugog uzroka doli lakomislenosti, oznaka *metafizika* danas povezana sa širokim i nejasnim poljem spekulacije koje nadilazi provjerene ili čak provjerljive fizikalne teorije.

¹ **Izvorik:** Margenau, H. (1941) "Metaphysical Elements in Physics," *Reviews of Modern Physics* 13, pp. 176-189.

Osim etimološke zbrke postoji i dodatni uzrok ove zabune, a to je poistovjećivanje metafizike s ontologijom. Tradicionalni su autori dijelili predmet metafizike u dvije velike cjeline: ontologiju i epistemologiju. Prva se od ovih bavila pitanjima stvarnosti i bića, dok se druga, nazivana još i teorijom znanja, zanimala time zašto je i kako moguće doći do znanja. Ontologija, koja je cvjetala u doba stare Grčke, nastavila je vegetirati u skolastici i dala svoje najbolje plodove sa Spinozom, Leibnizom i Berkeleyem u potpunosti uništena Kantovim kriticizmom. Zanimljiva je činjenica da se Kant služio teorijom znanja pri eliminaciji ontologije. Hume je pokušao istovremeno uništiti i ontologiju i epistemologiju; u tome je uspio, uništivši pritom također i znanost. Temeljito neprijateljstvo spram metafizike *nije* specifično za moderno doba, ono je bilo tu oduvijek. Ako se iz povijesti filozofije može išta naučiti, to je ovo: ontologija je nepotrebna za utemeljenje znanstvenog istraživanja, što se može pokazati Kantovom vještom uporabom teorije znanja; potpuni skepticizam može eliminirati *svu* metafiziku, ali kako je Hume pokazao, on ruši i znanost. Kao fizičari želimo znanost, a treba nam i metafizika također. Ontologiju pak odbacujemo.

Namjera ovih napomena nije prikupljanje pozitivnih dokaza za našu točku gledišta, što se nikada i ne bi moglo postići povijesnim razmatranjima. One su ovdje uključene da bi učvrstile naše ideje u okviru šireg filozofskog konteksta. Isto tako ne želimo u potpunosti prihvatiti detalje Kantova učenja, jer Kant sam nije htio iskoristiti oružje svoje kritike u njegovoj punoj snazi. Unatoč tome njegova filozofija stoji kao podsjetnik svima koji u zabludi pokušavaju na temeljima fizikalnih istraživanja izgraditi objektivni svijet nezavisan od svoga arhitekta, kao i realistu koji svoj svijet pokušava izgraditi od opaženih boja, zvukova, aroma i taktilnih utisaka.

Riješivši se tako ontologije,² i natuknuvši (siromašno i još uvijek neuvjerojatno, doduše) kako je njena sudbina na neki način povezana sa znanošću, promotrimo поближе epistemologiju. Pregled će pokazati da se i ona može lišiti nekih tradicionalnih suvišaka bez uništenja znanosti; to je zbog toga što *zašto?* znanja više nema važnosti kao prije. U predkritičkim vremenima to je pitanje tvorilo vezu epistemologije s ontologijom: um mora stupiti u kontakt s apsolutnim bićem; bit mora ko-

² Samo kao relevantne za znanstveni diskurs! Ne nječemo postojanje ni zanimljivost ontoloških problema. Ovdje prisutna analiza ne zalazi u druga područja filozofije kao što

su estetika, etika ili teorija vrijednosti, osim tvrdnjom da je fizika moguća bez uzimanja tih područja u obzir.

municipirati samu sebe spoznajnom subjektu. Danas možemo idealistički reći da znanje oplemenjuje, ili pragmatički, da je znanje moć, ovisno o osobnim sklonostima. Ili pak možemo uopće odbiti odgovoriti na to pitanje. Slično se mnoštvo stavova međutim ne može prizvati i postavljanjem *kako?* pitanja u kontekstu znanja. *Upravo je način dolaska do znanja ono što razlikuje znanstveno od ostalih vrsta znanja.* Samo u slučaju da *kako?* sadrži transcendentalnu referencu na biće koje nije znanje, što je slučaj kad se postave pitanja o odnosu iskustva prema istini, odbijamo to pitanje.

Prijevod

Da sažmemo, dakle, metafizika je reducirana na metodologiju znanosti. Dosad smo slijedili pozitivistički proces dezintegracije koji trenutno dominira zapadnom filozofijom. Međutim moramo ga odbiti dalje slijediti. Metodologija je ono što konstituira neku vrstu znanja kao znanost i ako sami znanstvenici umanje oprez spram metoda istraživanja i otkrića, ako njihov smisao za red i sposobnost za organizaciju znanja otupi, onda se lako može dogoditi da se mrski ontološki elementi vrate u znanost, lišavajući je njenih najvažnijih osobina. Opasnost od nečeg takvog je, bojim se, veća nego što inače mislimo.

Fizika ni danas nije u potpunosti pročišćena od ontoloških mrlja. Mnogo je sposobnih fizičara, od kojih su neki vodeći u svom polju istraživanja, koji, iako smatraju elektron krajnjim konstituentom neke nepromjenjive stvarnosti, shvaćaju ψ -funkciju u kvantnoj mehanici kao formalnu i korisnu vještinu bez "stvarne" egzistencije. Takve nedosljednosti koje izviru iz manjka pozornosti prema metodološkim razmatranjima, jednako su odgovorne za otuđenje filozofije od fizike kao i neupućenost filozofa, koje su fizičari tako jasno svjesni, u najnovije fizikalne teorije.

Ali ako je metodologija sve o čemu ćemo govoriti u ovome radu, zašto je nazivati metafizikom? Prije svega, zato što su je najpedantniji autori tako nazivali stoljećima. Stvaranje novih termina filozofi bi gotovo sigurno krivo interpretirali kao kapitulaciju pred jednom od standardnih vrsta pozitivizma. Drugo, fizičari ne smatraju metodologiju integralnim dijelom svoje znanosti, barem ne u našoj državi; radovi koji se bave njome još se uvijek tiskaju u časopisima koji su uglavnom posvećeni problemima metafizike. Na koncu, u jednom se važnom smislu metodologija razlikuje od tipičnog stava fizičara na svome radnom mjestu, u smislu koji je Whitehead³ izrazio u svojoj distinkciji

³ A. N. Whitehead, *The Concept of Nature*.

između “homogenog i heterogenog mišljenja o prirodi.” Da metodologiji zaniječemo atribute metafizike, riskirali bismo propust u povlačenju fundamentalne distinkcije. Naprimjer daljnjim ćemo razmatranjima biti primorani shvatiti uzročnost ne kao pravilnost kojom opisujemo osjetilne utiske ili koja je inherentna u njima, već kao način promišljanja o njima koji im je nametnut (makar ne u tako fundamentalnom smislu da je se učini “kategorijom” u Kantovu značenju). Takvo se stanje stvari, uz mnoga druga, ne bi prema našem mišljenju moglo uspješno opisati bez upotrebe termina “metafizika.”

Terminologija je uvijek problematična. Prijašnje me iskustvo naučilo da se izjave čija je namjeravana poruka posve nevina često sumnjiče za skrivena značenja. Zbog toga prethodna fraza, način promišljanja o osjetilnim utiscima koji im je nametnut, vrvi mogućim nenamjeranim interpretacijama. Nema potrebe za definiranjem mišljenja ili promišljanja, kao ni osjetilnih utisaka; te izraze smatram temeljnim i svima razumljivim. Ali za slučaj da ste u iskušenju da pitate: “nametnute od koga?” zlobno se nadajući da će moj odgovor glasiti “od ljudskog uma” ili “od Boga,” neću se uhvatiti u zamku. Odgovor je na to pitanje nepotreban: možete imati val bez etera; možete imati podatak bez nekoga tko ga je poslao; možete imati činjenicu bez višeg činitelja. Ovo se treba spomenuti zato što je nedopušteni zaključak s postojanja predmeta na postojanje subjekta učinio mnogo štete u filozofiji.

Dosad je moj cilj bilo izdvajanje i opisivanje onog dijela metafizike koji fizičar treba smatrati relevantnim za svoje područje istraživanja, a to sam radio eliminiranjem određenih grana tradicionalne filozofije koje su postale suvišne. Drugi pristup, koji ću sad skicirati, vodi do istog nesvodivog metafizičkog ostatka. Moderna je pozitivistička kritika snažno naglasila neutemeljenost sudova koji su u načelu neprovjerljivi. Empirističkim rječnikom rečeno, takvi su sudovi besmisleni. Uvjeren sam da bi ta spoznaja trebala biti jedna od premisa filozofije znanosti; na koncu, pristanak uz nju je skoro pa univerzalan. Nepotrebno je ići dalje od ovoga i propisivati točan način verifikacije zato što je upravo izrečeno temeljno ograničenje sasvim dovoljno. Zbog toga ne smatram operacionalizam doktrinom nužnom za znanost. Naime ekstremni oblik operacionalizma, koji zahtijeva da sva verifikacija bude manipulativnog tipa – oblik kojega se odriče čak i istaknuti i žarki pobornik operacionalističke točke gledišta poput Bridgmana⁴ – šteti i samoj teorijskoj fizici, dok njegov modificirani oblik u sklopu kojega je dopušteno baratati i mentalnim operacijama nije ništa više doli aksiom provjerljivosti.

Primijeno taj aksiom na sudove koji uključuju različite vrste iskustva, počevši od najjednostavnijih: znanstvenih podataka u obliku *osjetilnih opažaja*. U ovome što slijedi oni će biti shvaćeni kao prvotne činjenice, kasnije ću reći više o njima. Opažaji međusobno stoje u vrlo jednostavnim relacijama, npr. prostornim ili vremenskim vodeći tako do sudova koji se mogu provjeriti izravnim promatranjem.

Opažaji međutim stoje u odnosima i prema drugim elementima od znanstvenog interesa, elementima koji nisu dostupni izravnom uvidu, već su generirani neizravnim procesom refleksije; ovdje ću ih zvati fizičkim *konstruktima*, ili pak simboličkim konstruktima (iako bi moja prijašnja upotreba izraza “simbolički” lako mogla dovesti do pogrešnog shvaćanja). Evo primjera distinkcije: opažaj “plavoga” povezan je s određenim rasponom valnih duljina (konstrukt) elektromagnetskog spektra. Sudovi koji uključuju takve odnose ili jesu ili nisu provjerljivi metodama poznatima fizičaru. U navedenom je primjeru sud očito provjerljiv. Promotrimo sad načine na koje provjerljivost može podbaciti.

Najočitiji se podbačaj događa kada znanstvenici, možda iz nehaja, ekstrapoliraju relacije navedenog tipa izvan svijesti kao u tvrdnji: plava je boja uzrokovana izvanjskim predmetom koji je različit od onoga čiji atribut je boja prisutna u svijesti. Sudovi ovakvog tipa su, makar uobičajeni, neprovjerljivi i stoga besmisleni. Ti sudovi određuju područje metafizike koje treba biti napušteno u znanosti jer nastaju upotrebom posve pogrešnog pojma uzročnosti i kao takvi su snažno kritizirani od strane Kanta i njegovih sljedbenika. Slični konstrukti sumnjive naravi najčešće se pojavljuju kada se legitimne relacije među opažajima ili između opažaja i provjerljivih konstrukata projiciraju izvan iskustva na neki nejasan način; njih ćemo nazvati *nadopažajne*. U ovu skupinu spadaju, osim vanjskog svijeta i *Ding an sich*, fizikalni pojmovi poput svjetlo-provodnog etera, simultanosti u različitim Lorentzovim okvirima, fazne razlike među elektronima u atomu te možda neutrina. Fizikalni će konstrukti koji su provjerljivi na temelju svojih relacija s opazivim činjenicama biti nazvani *podopažajnima*.

Je li uvođenje termina poput *nadopažajno* i *podopažajno* bilo nužno? Mnogima se to može činiti neuvjerljivim rasuđivanjem, smišljenim za krijumčarenje preko praga nekritičnosti dijelova metafizike obimnijih

Prijevod

⁴ P. W. Bridgman, J. Phil. Sci. 5, 114 (1938).

nego što bi čitatelj bez zbunjenosti prihvatio. Promotrimo stoga situaciju pažljivo i bez predrasuda. Postojanje naših opažaja (osjetilnih utisaka) ne može se dovesti u pitanje. Ne može se dovesti u pitanje niti postojanje naših misli ili ideja koje sadrže dijelove (često nazvane pojmovima) koji nisu identični izravnim opažajima. Raznovrsnost je takvih elemenata zbunjujuće velika te zahtijeva pažljivo proučavanje. Bilo bi posve suludo zaniijekati njihovu raspostranjenost ili korist koju imaju za znanost. Tu se ne radi o pitanju bismo li se mogli snaći bez njih; amebama to vjerojatno uspijeva. Radi se o tome da bi uništenje tih elemenata uništilo i čitavu znanost. Usredotočimo se sad na dva takva elementa: na elektron i na transcendentalnog Boga. Oba su neopažajna međutim razlikovno je svojstvo elektrona to što je uveden u diskurs na smislen način; tvrdnja da elektron ima naboj jednak $4.7 \cdot 10^{-10}$ elektrostatičkih jedinica može se dovesti u vezu s osjetilnim utiscima i time se provjeriti. Božji atributi s druge strane, makar se mogu ustvrditi u svrhu emocionalnih učinaka, ne mogu biti na taj način provjereni. Taj pojam nastaje, figurativno govoreći, usmjeravanjem naših istraživanja u prazninu onkraj opažaja i stoga se naziva nadopažajnim; pojam elektrona se može naći, opet na figurativan način, "s ove strane opažaja" i zbog toga je nazvan podopažajnim. Čini se dakle da možemo nastaviti s minimumom zapreka ako u našim istraživanjima ne ustvrdimo ništa više od (a) razlike između opažajnih i neopažajnih elemenata, (b) razlike između nadopažajnih i podopažajnih elemenata među potonjima.

Ispričavam se zbog korištenja novih termina koje sam skovao s velikim žaljenjem. No nisam uspio pronaći riječi koje već ne bi bile prisvojene. Čini se da je u filozofiji slučaj da kada se izrazi jednom upotrijebe u nekom filozofskom sustavu, oni dobivaju značenja i nijanse koje ih čine nepogodnima za daljnju upotrebu. Npr. nakon pažljivog razmatranja zaključio sam da Carnapov kriterij reducibilnosti koji služi sličnoj distinkciji kao što je ona između podopažajnih i nadopažajnih perceptualnih pojmova nije primjenjiv zbog svog naglaska na diskursu umjesto na znanstvenom iskustvu, dok Kantova razlika između imanentnih i transcendentalnih pojmova nema isti tehnički smisao kao ona koja se ovdje razmatra.

Proučavanje uloge i odnosa koji vrijede između opažaja, podopažajnih elemenata našeg iskustva, kao i između jednih i drugih legitiman je predmet metafizike. Ta je problematika uvijek nadohvat ruke, bilo da znan-

stvenik to vidi jasno, mutno ili ne vidi uopće. U mnogim se pozitivističkim sustavima znanosti poriče metafizika, rezultat čega je njeno nekontrolirano plutanje kao neodređenog ostatka kroz čitavo organizirano područje znanstvenih činjenica. Znanstvenik koji je svjestan metodologije izlaže je, analizira i pokazuje njenu strukturu jer je ona uistinu ima.

2. Opći okvir fizikalne metodologije

Prijevodi

Da bi se s ovoga prešlo na detaljniji pregled metodološke strukture fizike nužno je usuglasiti se oko nekih vrlo općenitih konvencija, posebno što se tiče terminologije. Odabir konvencija, štoviše, odabir samih termina, vjerojatno će dodati filozofsku notu čitavoj shemi. Uz bojazan od pogodovanja isključivo verbalnim raspravama, volio bih naglasiti da opći metodološki okvir koji će biti predstavljen sadrži mnogo arbitrarnih elemenata. Unatoč tome vjerujem da je bolje povezan s modernim fizikalnim istraživanjem nego mnogi drugi nacrti prisutni danas, bilo tradicionalniji, bilo više operacionalistički definirani.

Na prvom je mjestu zgodno imenovati onaj tip iskustava koja obično zovemo opažaji ili osjetilni utisci. Pod njima mislim na skupinu izravno intuuiranih svjesnosti kao što su plava boja ili opaženi zvuk, ili kompleksnije svjesno stanje poput opažene stolice ili zalaska sunca. Predlažem da se totalitet svih ovih stanja nazove "opažena priroda." Zapravo ću često ispustiti riječ *opažena* jer u ovoj raspravi neću spominjati nikakvu drugu vrstu prirode. Ovime je značenje *prirode* drastično i možda umjetno ograničeno. Iz toga slijedi na prvi pogled apsurdna teza da opažena priroda ne posjeduje nikakav trajni identitet: stolica je dio prirode samo dok je opažana. Sve su izjave o opaženoj prirodi primitivne; i najmanja generalizacija onemogućava referiranje na prirodu osim u neizravnom smislu. Sud o psima ne odnosi se na opaženu prirodu osim ako nije pokazni sud o konkretnom psu. Izjave o prijašnjim opažajima ne odnose se više na prirodu, a atomi, elektroni i svjetlosni valovi nisu dio opažene prirode. Još je mnogo toga inherentno nezgodnoga u uporabi ovoga termina, ali mislim da to *treba otrpjeti* da bi se riječi podarila preciznost na koju je fizičar naviknut. Naime fizičarevi su *podaci* oni elementi koji konstituiraju prirodu u ovom smislu riječi; kada pribjegava opažanju da bi potvrdio svoje teorije, referira se na osjetilne utiske shvaćene na ovako specifičan način.

Možda je isključivanje svih prijašnjih opažaja iz opažene prirode sitničavo. Strogo poštivanje ove restrikcije nije toliko važno, jer uvijek je moguće zauzeti stav da je opaženi zapis, oznaka na papiru, ekvivalentan prijašnjim opažajima. U svakom slučaju smisao je predstavljene terminologije da utjecanje činjenicama rekonstruiranima u sjećanju nije utjecanje samoj prirodi.

Što se dobiva ovom arbitrarnom definicijom osim manjih prednosti? Jedan odgovor glasi: osjetilni utisci posjeduju stupanj neposrednosti, jedinstvenosti i nezavisnosti od odluke kakav se ne nalazi ni u kojem drugom elementu iskustva. Upravo je to atribut koji želimo dodijeliti prirodi; sama činjenica da se *isti* skup opažaja povremeno na više ili manje apstraktan način može objasniti ili simbolizirati *različitim* teorijama to potvrđuje. Spektralna linija vidljiva na ploči posjeduje osobitu živost koju valna duljina asocirana s njom nema, dakle prethodna je u tom smislu dio prirode dok druga to nije. Istina je, naravno, da osjetilni utisci nisu uvijek izvan sumnje u znanosti; nekad mogu biti takvi da ih se naziva "subjektivnima" (daltonizam). Ukoliko se to može smatrati nesavršenošću, nemoguće ju je izbjeći; ne znamo ni za što što nam je očitije dano doli osjetilni utisak. Da ponovimo: neposredni opažaji, i samo oni, konstituiraju opaženu prirodu zbog svoje nehotične i neposredne spontanosti.

Kako je moguće proširiti ovu definiciju da je se učini sličnijom standardnoj uporabi, ali bez pretjerivanja u kojem bi se u prirodu pripustilo svaki predmet iz fizičareva repertoara? Želimo li u dijelove prirode ubrojiti i posve apstraktne entitete koji nemaju izravnog opažajnog parnjaka, poput vektorskog potencijala ili kvantno-mehaničkih funkcija stanja? U slučaju potvrdnog odgovora, korist se od korištenja tako nejasnog termina čini vrlo malom. Ako to ne želimo, bojim se da se značenje *prirode* mora ograničiti na onu skupinu iskustava kojima se zapravo fizičar utječe u svojim promatranjima.

Druge su definicije moguće, ali samo na temelju posebnih, izbježivih metafizičkih pretpostavki; zaista, nesofisticirana osoba koja ne uočava razlog da iz prirode isključi stablo ispred svoje kuće dok je ona daleko od nje koristi prešutne metafizičke pretpostavke koje ne bi izdržale Humeovu ili Berkeleyevu kritiku. Moj je osobni stav da su te pretpostavke sasvim valjane i da bih prema tome mogao uključiti stablo u prirodu, ali mislim da je važno naglasiti da se fizika može *snaći i s interpretacijom prirode koja nema veze s ovim metafizičkim pretpostavkama*. Jasno je da

se terminologija koja je ovdje upotrijebljena razlikuje od one u Whiteheadovu djelu *Concept of Nature*. Koliko god to bilo nezgodno, jedna se činjenica ne smije smetnuti s uma: u 20 godina otkad je Whiteheadova knjiga napisana, fizikalna je teorija doživjela radikalne pomake. Zadobila je apstraktnost koja reviziju starih ideja čini opravdanom. Konkretno, dok je nekoć imalo smisla napučiti prirodu svim mehaničkim entitetima poznatima klasičnoj fizici, to trenutno zasigurno nema smisla. Bolje bi se slaganje s uobičajenom upotrebom možda moglo postići uvođenjem, uz opaženu prirodu, *postulirane* prirode koja bi bila sveukupnost fizikalnih konstrukata. Time bismo pak postali krivi za “račvanje” prirode kojemu Whitehead tako vehementno prigovara. U svakom slučaju, priroda u tom složenom smislu nije ništa drugo doli ono što ćemo kasnije nazvati fizičkim svemirom.

Priznajem da je stalno isticanje te stavke zapravo pokušaj opravdanja prijašnjih radnji. Naime prije sam znao koristiti izraz *priroda* u tom čudovišnom smislu⁵ i doživio sam sumnjičave poglede u tiskanim radovima. Ipak, ova diskusija nije bila nebitna digresija jer će nam opisana ideja kasnije trebati. Savjesni kritičari mogu koristiti termin *neposredni opažaji* ili što već žele.

Opazena priroda obuhvaća samo mali dio onih odlika koje karakteriziraju iskustvo fizičkoga svijeta. Iz ostatka izdvajamo podopažajne elemente zanimljive fizičaru; evo nekih: *masa, sila* (osim kada se ove shvaća u neposrednom i specifičnom smislu; u fizici, kao i drugdje, riječ često označava opažaj kao i generalizirano, apstraktno svojstvo čitave skupine sličnih opažaja), *energija, naboj, svjetlosni valovi, jakost polja, potencijal, vjerojatnost, amplituda*; - *voltmetar, kristal* (za ove vrijedi ista napomena kao u prethodnim zgradama), *magnetsko polje, atom, foton, elektron, mezon*. Ovi su tipični primjeri nabrojani posebnim redoslijedom kojega ćemo kasnije komentirati. Svi se takvi elementi, koji su podopažajni i dio su neke fizikalne teorije, ovdje nazivaju “*konstruktima fizikalnog objašnjenja*.” Ovaj je termin odabran da bi se naglasile sljedeće činjenice.

Ovi elementi nisu i nikada ne mogu biti dio opažene prirode; njihova je svrha u *objašnjavanju* prirode. Pod fizikalnim objašnjenjem fizičar ne razumijeva ništa više od uspostavljanja organiziranih relacija između konstituenta prirode i ovih elemenata. Svaka druga interpretacija, poput

⁵ H. Margenau, *J. Phil. Soc.* 2, 48 (1935); 2, 164 (1935).

potrage za Uzrocima Stvari, preuzima više metafizike od onog minimuma na koji smo ovdje pristali. Nadalje ovi konstrukti nemaju ni spontanosti ni neposrednosti koje odlikuju dijelove prirode; oni se, naprotiv, mogu slobodno odabrati i generirati *ad libitum*. Nijedan kriterij ne može ocijeniti njihovu prikladnost za fiziku u trenu njihova stvaranja. U ovom se tekstu nazivaju konstruktima upravo zato da bi se jasno prikazala sloboda u njihovu generiranju; od samog starta želimo izbjeći zablude da se uspješan konstrukt mora moći vizualizirati, ili da mora biti mehaničke ili neke druge određene naravi.

No zasigurno nisu svi eksplanatorni konstrukti jednako zanimljivi fizičaru; neke odbacuje dok druge zadržava u svojim teorijama. Središnji je problem metafizike, točnije metodologije znanosti, određenje uvjeta pod kojima se eksplanatorni konstrukti odbacuju ili zadržavaju. To nije ležeran posao, već nešto što zahtijeva fizičarevu punu pozornost. Problem time nije riješen, dakako, ali jedan će takav pokušaj biti prikazan u petom poglavlju.

Konstrukti se mogu klasificirati na nekoliko načina. Spomenuto je da se neki odnose na dijelove prirode izravnije od drugih (prva dva u svakoj od dvije grupe primjera međusobno odvojenih crticom). Posljednji su primjeri u svakoj od grupa vrlo apstraktni; u vrlo grubom smislu, neki su od njih izravnije povezani s prirodom od drugih. U svjetlu toga u jednoj sam prijašnjoj publikaciji⁶ podijelio sve konstrukte u tri, ne oštro odvojene, skupine: opazive, pseudo-opazive i apstraktne konstrukte. Mislim da ta distinkcija implicira jednu dobro naglašenu točku; ona naime objelodanjuje iznimnu raznovrsnost među njima i eliminira široko raširenu predrasudu da svi konstrukti moraju na neki način biti opazivi.

Drugo je, možda još i važnije, načelo podjele sljedeće: primjeri koji prethode točki-zarezu (prva grupa) mogu se kvantitativno izmjeriti i stoga numerički odrediti; oni iz druge grupe ne mogu. Savršeno sam svjestan da se *gustoća* kristala ili pak masa elektrona (itd.) mogu izmjeriti. Svaki entitet u drugoj grupi obuhvaća izvjestan broj onih u prvoj; konstrukte u prvoj grupi nazivam *kvantitetama*, one u drugoj *fizikalnim sustavima*. Prvi su mjerljivi i brojčano određivi, drugi nisu.

Prije⁷ sam istraživao kvantitete i sustave iz perspektive toga na koji se način mogu definirati, zaključivši da se kvantitete mogu definirati na dva načina (konstitutivno i operacijski), a sustavi na samo jedan način (konstitutivno). Trenutno toj raspravi ne bih ništa dodao, osim što mislim da način

⁶ H. Margenau, J. Phil. Soc. 2, 48 (1935); 2, 164 (1935).

definicije nije od jednake važnosti kao i prethodno spomenute distinkcije.

Koja je formalna uloga konstrukata u fizikalnom objašnjenju? Ukratko, ta je uloga ova: opažena je priroda, iako spontana i živa, kontingentna, nekoherentna, nepredvidljiva. No takorekoći mapirajući elemente prirode ponad konstrukata, dobiva se konstrukcijski (“simbolički,” ako hoćete) sistem koji je koherentniji i pokorniji od prirode. Arbitrarna pravila kombinacije mogu biti primijenjena na ove konstrukte na način da o njima možemo stvarati racionalne sudove. Nakon takve čisto racionalne transformacije konstrukata, rezultati se povratno mapiraju na prirodu, gdje sada “predviđaju fenomen”. Ako priroda potvrdi predviđanje, specifični čin objašnjenja je uspješan. Kompleksi konstrukata, zajedno sa svojim pravilima kombiniranja i pravilima mapiranja koja su – unutar nekih granica – općenito uspješna, zovu se potvrđene (verificirane) teorije.

Prijevodi

Sada pak analiza verificiranih teorija pokazuje da pravila kombinacije kojima su konstrukti podređeni imaju specifična svojstva koja su zasebna i predmet istraživanja u metafizici.

Prethodno izlaganje uloge konstrukata je, priznajem, nedovoljno konkretno. Neki detalji će uslijediti no detaljnija bi analiza oduzela previše prostora. Dostatno je prihvatiti ovaj jednostavni nacrt: svako fizikalno objašnjenje uključuje krug koji počinje i završava u dva različita elementa prirode i koji nikada nije zatvoren. Oscilira kroz polje podopažajnih entiteta, ponekad ostajući u domeni prirode (mehanika), a ponekad izlazeći daleko u polja pseudo-osjetilnih i apstraktnih konstrukata (elektrodinamika i kvantna mehanika). Metodološka razmatranja utiru put u domeni konstrukata.

⁷ H. Margenau, *J. Phil. Soc.* 2, 48 (1935); 2, 164 (1935).

3. Stvarnost

Fizika i filozofija

Prije no što odemo dalje čini se podesnim riješiti pitanje koje bi moglo zabrinjavati čitatelja u vezi ovih formalnih spekulacija. Koji su od brojnih entiteta ove analize *realni* a koji nisu? Kao fizičara, ovo me pitanje nimalo ne zabrinjava. Zapravo, vjerujem da mi ne bi trebalo biti od velikog interesa sve i da sam filozof jer ne postoji ništa u polju epistemologije što bi bilo potrebno kao temelj znanosti, što bi pružilo kriterij za stvarnost. Pripisati stvarnosti samo ono što smo ovdje nazvali prirodom bilo bi vrlo proizvoljno te bi, dojmama sam, uvrijedilo znanstvenike. Ako bih prema tome definirao područje fizikalne stvarnosti, uključio bih prirodu zajedno sa svim konstruktima koji se nalaze u trenutno valjanim fizikalnim teorijama. Ovom bih području također dao ime fizikalnog univerzuma.

U očima mnogih takva upotreba termina izgleda kao da ima dvije mane: prvo, stvarnost bi se promijenila pod utjecajem novih otkrića i teorija. Žaliti za ovime implicira želju za pronalaskom *apsolutne* stvarnosti. No apsolutna stvarnost je nadopazajna te kao takva ne zanima znanost, jer nijedno promatranje, ma koliko minuciozno bilo, nikada ne može potvrditi apsolutnost. Ovdje iznesen pogled mogao bi se opisati kao pristajanje uz *dinamičku* ili *konstruktivnu* stvarnost, i ne vidim kako je čak i estetski manje zadovoljavajući od postulata apsolutne, statične stvarnosti. Fizičar ne otkriva, on stvara univerzum.

Druga mana ovog pogleda leži u nemogućnosti određenja nečega kao stvarnog, čak i u ovom trenutku. Postoje teorije u čiji se status sumnja te je upitno jesu li konstrukti koje samo one sadržavaju (usp. neutri-no) stvarni. No ova sjena točno pokazuje odnos fizičara i njihovih konstrukata, njena prisutnost nije mana nego prednost. Odgovor na takva verbalna pitanja (ne bih ih nazvao besmislenima jer su odgovoriva na temelju naše definicije) poput: može li stvar biti realna, a da ne bude spoznata, očigledan je iz naše perspektive.

Dopustite mi digresiju na ovoj prekretnici; dopustite da odam počast konstruktu koji je sasvim sigurno nadopazajan no koji je svejedno drag, u religijskom smislu, velikom broju istaknutih živućih fizičara. Radi se o ideji *ultimativne* stvarnosti prema kojoj dinamička stvarnost polako teži. Iza ove maglovite nade naziru se slike Platona, Kanta i Goethea, no samo o nadi je riječ. Nitko ne može reći hoće li

fizikalne teorije, postajući rafiniranije i općenitije, pokazati tendenciju ka ujedinjavanju ili diversifikaciji. Trenutno su mišljenja o ovome strogo podijeljena. Međutim ako se poveznica između znanosti i umjetnosti ili znanosti i religije mora uspostaviti, radije bih da se to dogodi ovdje nego bilo gdje drugdje.

4. Logički pozitivisti

Prijevod

Postoje sličnosti između trenutnog gledišta i načela logičkog pozitivizma.⁸ Osim izrazite antipatije prema metafizičkom verbalizmu, koju dijelimo blago i bez misionarskih osjećaja, logički se pozitivist također trsi oko povezivanja koncepata znanosti s čvrstim temeljima neposrednog opažaja. On shvaća, kao i mi, *ultimativne* kvalitete opažajnog iskustva i jedinstvene funkcije tog iskustva u verifikaciji. Njegovi kriteriji za odbacivanje koncepata (ili “termina”) iz inteligibilnog diskursa u svojoj biti nisu različiti od pravila koju su nam omogućila da izbacimo nadopražajne konstrukte iz fizike. On također naglašava potrebu za metodologijom kao odvojenom od uobičajenih aktivnosti znanstvenika, mada to naziva logikom znanosti ostavljajući termin metodologija za opis vanjskog ponašanja znanstvenika tijekom rada. Njegovi “predikati opažajnih stvari” funkcioniraju vrlo slično našoj “opaženoj prirodi” a za njegov bi se “jezik misli” moglo reći da sadrži sve propozicije koje uključuju elemente prirode s dodatkom opažajnih konstrukata. Njegova nemogućnost da izvede oštru razliku, kao što to mi zastupamo, između termina poput vruće, crveno, itd. (“prirode”) s jedne strane i generalizacija poput temperature (“konstrukta”) s druge, možda i nije od velike važnosti i vjerojatno je posljedica želje za konačnim raskidom s tradicionalnom filozofijom veće od one koju imamo mi. Međutim razlike između ovih perspektiva važnije su od sličnosti.

Jer tvrdnje logičkog pozitivista mnogo su šire od ovdje iznesenih. U odbacivanju elemenata poput nadopražajnih konstrukata, pokušao sam biti pažljiv rekavši da nisu potrebni u fizici ili u onom dijelu metafizike

⁸ Za kratki uvod u logički pozitivizam čitatelju se preporučuju *Logički temelji jedinstva znanosti* R. Carnapa.

koji je s pravom dio fizike no izuzev toga ostavio sam ih netaknute. Time smo ostavili prostor za neznanstvene interese čiji legitimitet fizičar nema pravo dovesti u pitanje. Trenutno se gledašte u najboljem slučaju može nazvati ograničeni pozitivizam. Uspjeh fizikalnih procedura možda ističe fizikalnu metodologiju iznad svih ostalih no sam uspjeh ne može opravdati dogmatizam. Logički pozitivist tvrdi, ili barem zaključuje, da su termini koji se ne mogu svesti na jezik stvari lišeni značenja dok mi radije kažemo da nisu dio fizičareve profesionalne aktivnosti. Dakle kad se logički pozitivizam okrene neznanstvenim područjima istraživanja običava postati dogmatičan unatoč nedostatku konkretnih dogmi: trenutna analiza jednostavno postane neprimjenjiva.

Vrlo jasno napuštanje pravila logičkog pozitivizma trebalo bi se vidjeti u našoj spremnosti da ozbiljno uzmemo u obzir prvotne elemente iskustva (percepciju, misao), umjesto otpočinjanja analize na drugotnom planu jezika. Teza da spoznaja koja ni na koji način ne može biti izražena ne može biti ni zanimljiva istinita je, no također i nevažna, jer ako je neizraziva onda je istom i neverifikabilna i kao takva ne može biti dio predmetnog područja fizike. S druge strane ako je spoznaja naprosto neizražena ali verifikabilna, nema razloga da se isključi. Oduvijek mi se činilo da nedavna pozitivistička doktrina dolazi vrlo blizu tvrdnji da ne postoji razlika između ideje i njene ekspresije. Ukoliko ovo dopustimo, filozofija postaje jednaka sintaksi, a jezik početna točka metodološke analize. Međutim sumnjam da bi mnogi fizičari ili filozofi pristali na tako radikalnu tvrdnju. Sasvim sigurno ne postoji ni odnos između ideja i izraza u verbalnom obliku s obzirom na to da se ideja može izraziti na cijeli niz načina. Prema tome takva analiza jezika nužno bi bila neodređena i svagda ostala na periferiji značenja. Razlog zašto logički pozitivizam nije sasvim neodređen leži u tome da se sam ne prilagođava svojoj maksimi, nego se bavi *konceptima* pod krinkom "termina." Iz jedne sasvim nesofisticirane točke gledišta teško je vidjeti kako bi drukčije mogao djelovati. Neovisno o temeljnoj grešci zabune znanstvenog iskustva s jezikom, ova doktrina naglašava fazu aktivnosti za koju je fizičar manje zainteresiran od svih drugih znanstvenika. Poimanje ideje bez tereta lingvističkog konteksta njemu je često mnogo važnije od njezina verbalnog izraza. Smatram da postoje fizikalni konstrukti i fizikalne teorije koje su neshvatljive isključivo na temelju analize jezika; nitko ih ne može shvatiti ako nije aktivno s njima radio. Nitko ne razumije princip ekskluzije ako ga sam nije primjenio na neki konkretni slučaj. Naglasak na jeziku ili čak općenitije na simbolima ovdje jednostavno nije na mjestu.

Zanimljiva je činjenica da se pozitivist, sa svim svojim naglašavanjem opažanja, opet vraća na jezik kao medij verifikacije. Jezik, čak i jezik stvari, nije dio opažene prirode osim u neposrednom činu opažanja riječi. Mimo toga riječi su simboli, konstrukti posebne vrste te ne posjeduju neposrednost, spontanost i kontingenciju koje smo pripisali opaženoj prirodi. Izgleda prema tome da je ovaj pokret u očajničkom pokušaju obrane od upada apstraktne znanosti odstranio pozitivistički element zbog kojega je metafizika isprva žrtvovana. Mach je ovo jasno vidio, logički su pozitivisti to previdjeli.

Prijevod

Prema Carnapu, apstraktni znanstveni termin zadobiva značenje redukcijским odnosima koji ga vežu za jezik stvari. Nema rasprave o istinitosti ove izjave no zasigurno ima o njenoj važnosti jer ona nije ništa doli slaba refleksija priznanja da fizičar *razumije* svoje konstrukte, da postoje pravila njihovog koreliranja s elementima opažene prirode. Ova su pravila ponekad intuitivna i neizražena, češće su operacionalne procedure, ponegdje zamršenijeg logičkog karaktera. Ako je nužno, ona uvijek *moгу* biti izražena i to na cijeli niz načina! To je cijena koja se mora platiti za pristajanje uz verbalizam: čim netko odabere određenu redukcijску relaciju da bi “definirao” termin javlja se milijun drugih također podesnih za prihvaćanje. Jednostavnost i koherencija se prema tome ne mogu postići.

5. Metafizika simboličke konstrukcije

Konstrukti ne posjeduju generička svojstva koja bi ih činila dobrima ili lošima, prihvatljivima ili neprihvatljivima: njihova valjanost u cijelosti proizlazi iz uspjeha koji postižu u pružanju zadovoljavajućih fizikalnih objašnjenja. Riječ zadovoljavajući ne bi trebala zabrinjavati jer će se upravo rasvijetliti. Moj je pogled sasvim sigurno *pragmatičan*, u smislu da valjanost pa onda i stvarnost, ovise o *funkciji*.

No očigledno će vrlo velik, ako ne i beskonačan, broj konstrukata pružiti fizikalno objašnjenje danog skupa podataka. Kako bismo trebali odlučiti koje je od ovih objašnjenja zadovoljavajuće? Koje restrikcije moraju konstrukti zadovoljiti da bi njihove sheme bile prihvatljive? Odgovor je na ova pitanja važan s obzirom da uglavljuje tu izmičuću kvalitetu koja konstruktima pridaje stvarnost. Mi ga dajemo ne kao re-

zultat refleksije o onome što bi *trebalo* biti, nego jednostavno kao rezultat empirijske analize sadašnjih, prihvaćenih fizikalnih teorija. Pravila o kojima valja raspraviti ne bi se smjelo uzimati kao kantovske kategorije, niti kao da za njih postoje ikakvi intrinzični dokazi *a priori*. Ona nadilaze empirijska promatranja samo utoliko što reguliraju i dižu se ponad njih, zbog čega ih možemo nazvati empirijskima u drugotnom smislu; ona imaju normativnu snagu u našem mišljenju samo zato što zapovijedaju gotovo univerzalno slaganje. Kad se i na najmanji način promijene, kao što je to nedavno bio slučaj, struktura fizikalnih znanosti je prodrmana. U drugim radovima⁹ pokušao sam dati cjelovitiju analizu pravila koja se tiču konstrukata nego što je potrebno ovdje. Dopustite mi da je ukratko sažmem s nekoliko dodataka kojima je cilj rasvijeliti predmete interesa fizičara. Valja razlikovati dva odjelita skupa pravila:

- (1) *Pravila korespondencije* između elemenata opažene prirode i konstrukata.
- (2) *Pravila uporabe konstrukata*.

Prvo ćemo razmotriti prvi skup. Njegova je svrha omogućavanje onoga što smo prije zvali proces “mapiranja” između opažene prirode i konstrukata. Pravila ovog skupa slična su epistemičkim korelacijama profesora Northropa.¹⁰ Njihova cjelovita analiza i klasifikacija i dalje nije dovršena; za trenutne potrebe nekoliko će deskriptivnih zamjedbi biti dovoljno. Daleko najveći broj pravila korespondencije intuitivan je i time inherentan našem normalnom ponašanju, toliko da ih je teško shvatiti drukčije doli dijelom opažene prirode. Prema tome razne zrake svjetla, sada percipirane odjednom, pretvaraju se u konstrukt: fizikalni objekt (stol). Svaki fizikalni objekt je konstrukt i povezan je s određenim grupama opažajne percepcije kroz ovako intuitivna pravila korespondencije. Čini se da je karakteristična osobitost zapadnjačkog uma da ovu korespondenciju izvodi po automatizmu i sa sviješću o njenoj neizbježnosti. Orijeentalna umjetnost, sudeći prema zainteresiranim opažateljima, ne može biti u cijelosti shvaćena bez uklanjanja korespondencije opažene prirode i vanjskog objekta.

⁹ H. Margenau, J. Phil. Soc. 2, 48 (1935); 2, 164 (1935)

¹⁰ “Važnost epistemičkih korelacija u znanstvenoj metodi”; u: F. S. C. Northrop, J. Unified Sci. 9, 125-128 (1939).

Snažnija je fizikalna vrsta korespondencije operacionalna. Često je neizravnija i najčešće polazi od vanjskog objekta. Prema tome za zrake svjetlosti ili skup taktilnih impresija, nakon što su identificirani kao fizikalni objekti, možemo reći da imaju određenu masu. Masa je konstrukt postavljen u konačnu korespondenciju s opažajnim utiscima iako ne gubimo na preciznosti ako kažemo, kako običavamo, da se odnosi na sam objekt ili je njegovo svojstvo. Operacionalna korespondencija implicira postojanje i specifikaciju standardne manipulacije putem koje je konstrukt uspostavljen. Kada god je takva korespondencija uspostavljena konstrukt poprima, kažu mnogi fizičari, neuobičajenu i poželjnu jasnoću koja često rađa otkrića. Stoga treba poticati upotrebu operacionalne metode. No iako je hvalim, ne bih je nazvao božanskom. Kao što je već rečeno, svaki *kvantitet* u fizici stoji u operacionalnom odnosu s ostalim konstruktima i naposljetku s opaženom prirodom.

Apstraktnija pravila korespondencije stvaraju most između primjerice “valnih funkcija” i opažajnog iskustva. Ona mogu, doduše, možda s određenom napetošću biti operacionalno frazirana. Ovdje želimo naglasiti nedostatak izravnosti korespondencije između apstraktnih konstrukata i prirode. Recimo da mapiramo valnu funkciju na prirodu – obrnuti je proces malo teže opisati. Prvi koraci, izračunavanje vjerojatnosnih amplituda za neke opazive vrijednosti i onda samih vjerojatnosti, puko su matematički. Dalje, interpretacija vjerojatnosti sasvim je sigurno operacionalna no ne dolazi nam s jednim predviđenim opažajnim utiskom, nego s *njih mnogo*, kao što i narav vjerojatnosnih izjava zahtijeva. Ovo nikako nije dilema, nego jednostavno podsjetnik da korespondencija između konstrukata i opažene prirode ne mora biti sasvim izravna. Međutim kad bismo imali konstrukt koji uopće ne dopušta redukciju na elemente opažene prirode, morali bismo ga odbaciti kao nadopazajan.

Sada razmatramo pravila druge skupine koja upravljaju uporabom konstrukata i njihovih odnosa. Ovdje nailazimo prvo na pravila formalne implikacije koja se upotrebljavaju u fizici kao i svugdje drugdje. Njima je posvećeno istraživanje formalne logike. S obzirom na to da je integralni dio metodologije u fizici, formalna je logika fizici, dakako, vrlo važna. Dovoljno je reći da se fizikalna teorija dosad kretala isključivo u domeni dvovrijednosne logike te da nije bilo nikakvih odstupanja od pravila isključenja trećega, unatoč postojanju rasprava.

Nesumnjivo će jednoga dana ta odstupanja biti pokušana i smatram da će biti odlučnija od trenutne mode reinterpretacije značenja vjerojatnosti putem istinosnih tablica eda bi se došlo do zaključka kako fizičari koriste viševrijednosnu logiku samo zato što koriste vjerojatnosti.¹¹

Pored pravila formalne logike, uporaba konstrukata uključuje četiri velika principa: permanenciju, ekstenzibilnost, uzročnost i jednostavnost. Ovaj popis možda nije iscrpan. Dodatno ova podjela nije nužno jedinstvena i sasvim je sigurno moguće da su termini loše odabrani. Koristim ovu shemu jer kod mene zadobiva sve veću jasnoću i korisnost.

Permanencija konstrukata objašnjenja vrlo je bazičan zahtjev. Pod njom podrazumijevam više usko povezanih stvari: prvo, da konstrukti ne mijenjaju značenja; drugo, da su pravila korelacije implicirana u datom konstrukt stabilna; i treće, da konstrukti opstaju kroz vrijeme. Primjeri ovih jednostavnih svojstava nepotrebni su jer teško bi bilo imenovati čak i odbačenu fizikalnu teoriju koja krši ova pravila. Masa ili dužina objekta ne mijenja se iz trenutka u trenutak i kada je fizičar uspostavio postojanje određenog potencijala u točki on pretpostavlja da će taj potencijal biti invarijabilan osim u slučaju znatnih promjena u opaženoj prirodi. No postoji jedan aspekt koji proizlazi iz najniže razine istraživanja u fizici, u kojemu permanencija *jest* od interesa. Kao što je pokazano, elementi opažene prirode spontani su i nestalni. Mrlja smeđe boje nestaje kad odvratim pogled, taktilni podražaji prestaju kad maknem ruku, no ipak, stol ostaje kao fizikalni objekt. Stol je vrlo jednostavan konstrukt no obdaren je svojstvom permanencije. Trenutna razmatranja pokazuju nam da je (naivni) realizam nesofisticiranih zaista jedno jednostavno fizikalno objašnjenje: on uspostavlja krug koji počinje s danim skupom opažajnih percepcija, prolazi pokraj intuitivnih pravila korespondencije do konstrukta: permanentnog fizikalnog objekta, da bi se naposljetku vratio do skupa percepcija sličnih, iako ne i identičnih, originalnom skupu. Naprednija fizikalna objašnjenja nisu drukčija, u fundamentalnom smislu, od ovog elementarnog kruga; razlikuju se samo u kompleksnosti i u uporabi apstraktnih konstrukata.

Nadalje opisujem značenje *ekstenzibilnosti*. Kažu da je Newton osmislio konstrukt gravitacijske mase (koji implicira i derivira sav svoj značaj iz zakona univerzalne gravitacije) kad je vidio jabuku kako pada.

¹¹ S ovime u vezi vidi H. margenau, J. Phil. Sci. 6, 65 (1939).

Sa sigurnošću možemo pretpostaviti da ovaj koncept mase ne bi bio prihvaćen u fizici da objašnjava samo pad jabuke, pa čak ni svih jabuka. Poanta jest da se on referira na sva znana tijela, njegova se domena može proširiti (*ekstendirati*). Newton je zaista tražio potvrdu svoje teorije u domeni astronomije i vidio da se koncept daje primijeniti na mjesec. Ova ekstenzibilnost općenito je očekivana od fizikalnih konstrukata no ovdje se bavim samim pravilom. Primjera je mnogo no jedno nam se pitanje nadaje. Je li nužno da konstrukt poput mase bude proširiv na sve fenomene? Jasan odgovor – ne, no pitanje je dostojno daljnje analize. Da skratimo prisjetimo se da masa može korespondirati prirodi (“fenomenima”) samo putem konstrukta: fizikalnog objekta, no postoje brojni elementi u prirodi koji ne mogu biti svrstani u ovaj skup. Možda je originalno pitanje trebalo glasiti: može li konstrukt “mase” biti primijenjen na svaki konstrukt “fizikalnog objekta?” U tom smislu odgovor je vjerojatno – da.

Prijevodi

Stupanj ekstenzibilnosti vrlo je važan fizičarima i dio je njihove znanosti odrediti domenu ekstenzibilnosti njihovih konstrukata. Kad je god jedan konstrukt ekstenzivniji od drugoga, a inače jednako prihvatljiv, potonji se napušta u korist prvoga. Kao primjer navodimo dobro znani “sukob” između valne i korpuskularne teorije svjetlosti. Slučaj je bio sljedeći: ideja vala (valne duljine, frekvencije, itd.) pokazala se kao široko ekstenzibilna u području optike, ali ne u cijelosti. Konstrukt fotona pokazao se valjanim u vezi s velikim dijelom iskustva. Nije postojao temeljni razlog zašto ova dva kompleksa ne bi mogla koegzistirati. Nelagoda prisutna u ovom slučaju bila je izraz iznenađenja zbog neočekivane nemogućnosti proširenja dvaju konstrukata, nije bila uzrokovana bazičnom dilemom. Osjećaj je bio ispravan jer je motivirao teoretičare da traže nove, ekstenzivnije skupove konstrukata kojima sada baratamo u kvantnoj teoriji radijacije.

Nastavljam s *uzročnošću* o kojoj sam više raspravljao na drugim mjestima.¹² Da bi se njeno značenje ispravno shvatilo nekoliko se detalja iz drugog odijeljka rada mora ponoviti i naglasiti. Tamo smo ustanovili razliku između kvantiteta i sistema. Sada ispada da fizikalna teorija uvijek uključuje predstavu sistema u vremenu. Skupina kvantiteta uvijek je u korelaciji s nekim fizikalnim sistemom i za njih kažemo da definiraju

¹² H. Margenau, J. Phil. Sci. 1, 133 (1934).

stanje. Cjelovito znanje stanja sistema od presudne je važnosti za predstavu sistema. Ove generalizacije moramo što prije konkretizirati.

Mala je sfera fizikalni konstrukt tipa opisanog kao sistem. Pripisane su joj brojne kvantitete (koje fizičar prikladno smatra svojstvima, u posvojnem smislu, iako ovo nije uvijek točno), poput volumena, boje, mirisa, temperature, mase, brzine, pozicije. Od njih se izabire određeni set, brzina i pozicija, za koji kažemo da definira njeno *mehaničko stanje*. Zašto su baš ovi uzeti odmah će postati jasno.

Plinovito tijelo sistem je brojnih svojstava uključujući spomenuta u vezi sfere. Od njih određeni je skup, volumen i temperatura, izabran i za njega kažemo da definira termodinamičko stanje plina.

Distribucija električnog naboja zajedno s električnim i magnetskim poljem konstituira sistem kojemu možemo pripisati kvantitete poput snage polja, potencijale, boje, mirise, gustoću naboja zajedno sa svim vremenskim rasponima promjene i mnoge druge. Pod određenim uvjetima koji nam trenutno nisu od interesa, E, H, i ρ mogu biti odabrani da bi se definiralo elektromagnetsko stanje sistema.

U ova tri slučaju odabir kvantiteta koje određuju stanje učinjen je na način da određenje vrijednosti tih kvantiteta u bilo kojem vremenskom trenutku omogućava njihovo određenje u svim drugim trenucima. Određenje je učinjeno putem *zakona fizike* koji su specifična pravila kombinatorike konstrukata. *Uzročnost implicira mogućnost ovog postupka*. Teorija je uzročna ako možemo pronaći neki skup kvantiteta čije je širenje samoregulativno na temelju zakona koji su vremenski nepromjenjivi.¹³ Teorija može ne uspjeti biti uzročna zato što nije moguće pronaći nijedan skup kvantiteta reguliranih bezvremenskim zakonima no također i zbog pogrešnog odabira konstrukata prilikom određivanja nekog stanja. Standardna mehanika ne bi bila uzročna teorija kada bi stanja bila definirana u terminima boja i veličina.

Uzročnost dakle posjeduje značenje samo kada se primjenjuje na objašnjavajuće konstrukte, tj. na teorije. Govoriti o opaženoj prirodi kao uzročnoj ili ne-uzročnoj nije ni od kakvog značaja i argumenti o tome puko su verbalni. Uzročnost je metodološko pravilo koje se nameće konstruktima i *dosad nemamo nijedan primjer valjane fizikalne teorije koja to pravilo ignorira*. Zato je uključujem na ovom popisu.

¹³ Za detaljnije objašnjenje vidi referencu danu u prethodnoj fusnoti.

No nije li ova tvrdnja nepodnošljivo kontradiktorna tezama onih ljudi koji su izmislili kvantnu mehaniku i čiji ju je autoritativan glas u više navrata proglasio ne-uzročnom disciplinom? U kontradikciji je i to ističem s punim poštovanjem. No razlikovanje u pogledima ovdje je stvar metodološkog, a ne fizikalnog tumačenja. Ispitajmo prvo kvantnu mehaniku pa onda i tezu da nije uzročne naravi.

U svom originalnom (Heisenberg) obliku kvantna je mehanika operirala s matricama koje su zamijenile konstantno varirajuće klasične opažajnosti poput položaja, momenta, energije. Stanja su uobičajeno bila definirana putem ovih matrica i pronađeno je da zakoni koji reguliraju ta stanja ne dopuštaju predviđanje specifičnih vrijednosti svih opazivih kvantiteta. Tijekom ovog ranog razdoblja vrlo jasna konvencija o značenju stanja nije postignuta, pa nije odveć plodonosno baviti se uzročnim statusom te rane teorije. Međutim vrlo brzo, prvenstveno kroz rad Schrödingera i Diraca, funkcije su uključene u formalizam čija je inicijalna svrha bila pripomoć u matričnom računu. Nazvane su valnim funkcijama zato što su u najjednostavnijem obliku (jedna čestica) njihova matematička svojstva bila istovjetna onima stajnih valova u nehomogenom mediju. No ova uporaba blijedi zbog prihvaćanja većeg značenja ovih funkcija. Sada se općenito smatraju funkcijama stanja i bolje su definirane kao takve. Kao argumente ove funkcije stanja imaju neke klasične varijable; u najpoznatijem primjeru (Schrödinger) ovo su prostorne koordinate i vrijeme. Kad je funkcija stanja koja opisuje stanje nekog sistema (primjerice atoma vodika) dana, *distribucije svih opazivih vjerojatnosnih agregata*¹⁴ povezanih sa sistemom su fiksirane, iako naravno nije moguće fiksirati ishod svakog pojedinog mjerenja (relacija neodređenosti). Nadalje, funkcija stanja zadovoljava diferencijalnu operaciju prvog reda koja dopušta vlastito određivanje u svakom trenutku kad je njen funkcionalni oblik određen u bilo koje dano vrijeme. *Ako su stanja definirana na temelju ove funkcije onda je kvantna mehanika uzročna teorija.*¹⁵

Osjećaj da ψ -funkcije definiraju stanja polagano dobiva na snazi, djelomice zato što je u njihovom matričnom obliku kvantna mehanika bez njih mogla, a djelomice i zato što su apstraktne i neopazive. Smatra se bi neko stanje trebalo biti moguće definirati u terminima položaja i momenata

Prijevod

¹⁴ Za definicije i daljnu diskusiju, usp. R. B. Lindsay i H. Margenau, *Temelji fizike*. Wiley and Sons, New York, 1936.

¹⁵ Za detaljniju raspravu o "ne-uzročnoj teoriji skoka" usp. J. Phil. Sci. 4, 337 (1937).

ta čestica, kao što je slučaj u klasičnoj fizici. Kad je to napravljeno nijedan zakon koji dodjeljuje uzročnost opisu ne može biti pronađen. Odatle tvrdnja da su fizičari ubili uzročnost. Radi se o valjanjoj tvrdnji za sve one koji nisu spremni mijenjati definiciju stanja iz klasične mehanike kada uđu u vode kvantne mehanike.

No elektrodinamika bi također bila ne-uzročna disciplina kada bismo inzistirali na definiciji stanja na temelju položaja i momenata naboja; kod termodinamike bi bio isti slučaj kad bismo inzistirali na pisanju jednadžbe stanja koja uključuje samo položaj i brzinu središta mase makroskopskog tijela. Zapravo bi svaka fizikalna teorija prestala biti uzročnom kada bismo napravili krivi odabir stanja. Prema tome rekao bih da ne-uzročnost dobivena korištenjem stanja klasične mehanike u kvantnoj mehanici pokazuje da je ovaj opis nepodesan. Modernoj je fizici prijetila ne-uzročnost, pogotovo kad su nedostaci Bohrove teorije postali poznati, no *kvantna je mehanika, u svom sadašnjem obliku, vratila uzročnost.*

Na kraju, što je toliko sveto u položajima i momentima elementarnih čestica? Sasvim sigurno nisu dio opažene prirode; oni su konstrukti objašnjenja kao i sve druge kvantitete kojima definiramo stanja. Vjerujem da je ekstremni i uporni naglasak s kojim fizičari često proglašavaju ultimativni značaj ovih dragocjenih kvaliteta izraz entuzijastičnog pozitivizma koji ide onkraj svojih mogućnosti. Da je velika promjena postignuta u usavršavanju teorije čija su predviđanja glede definitivnih elemenata prirode u svojoj srži statističke naravi, to nitko ne može osporiti. No ova promjena loše je opisana ako kažemo da je uzročnost napuštena. U sljedećem ćemo dijelu istražiti što se dogodilo.

Fizičari ponekad pristaju uz gledište da su funkcije stanja tek korisna izmišljotina predstavljena zbog puke prikladnosti te se zbog toga ne bi smjela grupirati s ostalim, valjanijim konstruktima kao što su matrice koje predstavljaju opažajnosti. Prije više godina takav je stav imao stanovito opravdanje. No kad se snažan aksiom poput Paulijevog principa isključenja tako specifično referira na funkcije stanja da propisuje njihovu simetriju, ne može se više poricati da su jednakovrijedne ostalim konstruktima.

Ponavljam: uzročnost, u gore navedenom smislu, jedno je od pravila koje regulira izbor tih konstrukata koji su kameni temeljci fizikalnog univerzuma ili stvarnosti.

¹⁶ U pomalo širem kontekstu, jednostavnost u fizici je analizirana od strane R. B. Lindsay-ja, u J. Phil. Sci. 4, 151 (1937).

Naposljetku *jednostavnost* vodi taj izbor. Što je mišljeno pod principom jednostavnosti možda je i ugrubo očigledno. Cjelovita obrada oduzela bi nam previše prostora.¹⁶ S obzirom na to da je njegovo uključivanje uobičajeno, neću se više njime baviti. U fizici obično ne postoji sumnja glede toga koja je od dvije teorije jednostavnija i time prikladnija za zadržavanje.

Treba naglasiti da nijedno od ovih pravila nije apsolutno. Nismo zahtijevali da teorija ili skup konstrukata budu univerzalno ekstenzibilni, niti da bi konstrukt trebao biti rigidno stalan (permanentan). Gdje onda, mogli biste se pitati, leži snaga ovih prijedloga? Nije li da se svode na izjavu: fizikalni konstrukti su permanentni, ekstenzibilni, uzročni, jednostavni, *osim ako nisu*? Odgovaram – ne, jer moć metafizičkih pravila postane očigledna kad se god dvije konkurentne teorije natječu s ciljem da budu prihvaćene; pomoću ovih pravila fizičari odlučuju, često nesvjesno, koju teoriju zadržati. Pravila određuju stvarnost jednako odlučno kao i sve drugo, s mogućom iznimkom kontingencija zvanih opažena priroda.

Prije zaključka ovog velikog odjeljka moglo bi biti korisno pridodamo li kratki tablični sažetak metafizike simboličke konstrukcije. Razlikujemo dva velika skupa “pravila” s nizom principa podvedenih pod potonji skup:

- (1) Pravila korespondencije (koja uspostavljaju veze između opažene prirode i konstrukata).
- (2) Pravila uporabe konstrukata.
 - (a) Formalna implikacija (logika)
 - (b) Permanentnost
 - (c) Ekstenzibilnost
 - (d) Uzročnost
 - (e) Jednostavnost.

Prijevodi

6. Metodološke promjene uvjetovane kvantnom mehanikom

Fizika i
filozofija

Nema potrebe za naglašavanjem neobične važnosti koncepta *broja* u fizici. Dolazi nam preko tipa konstrukta prethodno zvanog kvantitet, koji po naravi svoje operacionalne definicije uspostavlja kontakt s prirodom putem brojeva. S obzirom na to da se stanja uvijek odnose na kvantitete, ona također imaju i važan numerički aspekt. No razmotrimo kvantitet detaljnije. Složili smo se da u svakom trenutku mora imati jedinstveni odnos s brojevima, zbog operacionalnih pravila korespondencije koje nameću takvu situaciju. Konkretnije znanje o stanju mora na neki način pripisati brojeve kvantitetima. Kratko ću reći da fizikalne kvantitete (poput energije, momenta, itd.) moraju generirati brojeve. Ovo slijedi iz prethodnih razmatranja.

Međutim nema pravila koje zahtijeva da kvantitete budu brojevi. To je, dakako, najjednostavnija moguća pretpostavka, smatranje momentuma egzaktnim ekvivalentom matematičke funkcije mv , tj. da on *jest* broj u nekom sistemu jedinica kojeg funkcija preuzima u određenim vremenskim dijelovima. Ova funkcionalna predodžba fizikalnih kvaliteta najjednostavnija je moguća ako želimo opravdati zahtjev da kvantitete moraju generirati brojeve. Zaista je i najizravnija, intuitivno najočiglednija i, dokle god zadovoljava metafizička pravila, najpoželjnija.

Međutim ne bismo trebali izgubiti iz vida specifičan karakter ove predodžbe. Matematika je sada prepuna koncepata koji nisu funkcije no ipak dopuštaju pripisivanje brojeva pod određenim uvjetima. Možemo samo spomenuti matrice, diferencijalne operatore raznih oblika, integralne operatore, grupe i tenzore. Oni su, naravno, bili poznati u klasičnoj fizici no nedovoljno korišteni. Kad su vektori i tenzori po prvi puta ušli u upotrebu smatrani su korisnim izmišljotinama, prečicama u pisanju brojnih funkcija. Primitivna predodžba koju sam ovdje opisao nikada zapravo nije napuštena.

Kvantna nas mehanika sad traži da ozbiljnije shvatimo ostale mogućnosti. Zapravo kaže da je (konstitutivna) definicija momenta kao mv bila pogrešna te da bi je $i\hbar(\delta/\delta q)$ trebala zamijeniti i to govori vrlo ozbiljno. Izjava nije "simbolička" ili "metaforična" kao što ni klasični prijedlog $\text{momentum} = mv$ nije bio. Ostale kvantitete i dalje mogu biti brojevi (kao

koordinate u Schrödingerovoj shemi; masa, naboj općenito), druge mogu ponovo biti matrični operatori (Paulijev spin). Ovaj je temeljni pomak, ovo širenje izbora u značenju kvantitete, ono što metodološki razlikuje kvantnu mehaniku. Kad se ovaj pomak jednom prihvati ostale će promjene uslijediti. Diferencijalni operatori tipa koji se najčešće susreće u fizici rađaju brojeve (karakteristične vrijednosti) kroz jednadžbe koje automatski predstavljaju karakteristične funkcije, funkcije koje igraju važnu ulogu u definiciji stanja. No dani operator obično proizvodi ne jedan, nego veliki skup brojeva. To su moguće vrijednosti koje kvantitet može preuzeti prilikom mjerenja. Sada ispada da *stanje*, definirano na ovdje izneseni način, neće izazvati dani operator da generira (prema jednostavnim iako apstraktnim pravilima) jedan, nego mnoge brojeve. Ova situacija nikad ne bi bila moguća u klasičnoj fizici jer $m\mathbf{v}$ generira *jedan* broj za dati m i v . Kako onda interpretirati ove brojeve? Uspješan odgovor se pokazao: kao vjerojatnosti. Tako smo došli do zaključka da je kvantna mehanika u osnovi statistička disciplina.

Prijevod

Iz metodološke perspektive promjena o kojoj je riječ nije ni izbliza toliko temeljita kao što mnogi filozofi znanosti vjeruju. Ostavila je velike metafizičke principe netaknutima no učinila je dvije stvari: prva je prijelaz iz pseudo-osjetilnih na apstraktne konstrukte u odabiru stanja i kvantiteta; druga, uvjetovana prvom, generalizacija je pravila korespondencije između konstrukata i opažene prirode na način da *jednoj* kvantiteti mogu korespondirati *mnogi* elementi prirode. Za mene, izvor je čuđenja i zadovoljstva vidjeti kakav ogroman i briljantan napredak u teoretskoj strukturi fizike može biti donesen s relativno malim pomacima u njenoj metodologiji.¹⁷

¹⁷ Henry Margenau (1901. – 1997.), američki fizičar i filozof znanosti njemačkog podrijetla, predavao je fiziku i filozofiju prirode na Yaleu od 1950. do umirovljenja 1986. Bavio se nuklearnom fizikom, spektroskopijom, ali i filozofijom znanosti i odnosom između etike i znanosti. Posebice su ga zanimali problem determinizma i slobodne volje. Margenau je osobno bio indeterminist i vjerovao je u postojanje slobodne volje. Osim toga, gajio je širok interes prema većini velikih svjetskih religija i fasciniralo ga je traženje poveznica između njih. Taj dio njegova interesa može se dobro vidjeti u knjizi iz 1984. *The Miracle*

of Existence (“Čudo postojanja”). Ostale knjige čiji je autor, a od kojih ovdje donosimo samo najuži izbor, su: *The Nature of Physical Reality* (“Priroda fizičke stvarnosti”) iz 1950., *The Scientist* (“Znanstvenik”) iz 1964., *Physics and Philosophy: Selected Essays* (“Fizika i filozofija: Izabrani spisi”) iz 1978. i *Cosmos, Bios, Theos: Scientists Reflect on Science, God, and the Origins of the Universe, Life, and Homo sapiens* (“Kosmos, bios, theos: Znanstvenici promišljaju znanost, Boga i podrijetlo svemira, života i Homo sapiensa”). Na hrvatski jezik nije prevedena nijedna od navedenih knjiga.