

Mario Bunge
Fizičar i filozofija

Prijevod: Damir Đirlić

Fizičar i filozofija¹

Mario Bunge

Prijevod: Damir Đirlić

Sažetak

Prijevodi

Centralna je teza ovog rada da fizičar od znanstveno orijentirane filozofije može naučiti isto toliko koliko i filozof od fizike. Za početak, bilo koja rasprava o osnovnim fizikalnim idejama i procedurama obvezno se provodi u svjetlu (ili u tami) neke filozofije. Standardna je filozofija fizike našeg stoljeća operacionizam. Filozofi su, uz pomoć nedavnih dostignuća u semantici, epistemologiji i teoriji znanstvenog zaključivanja, pokazali da je operacionizam neodrživ. Većina fizičara tako vuče za sobom mrtvu filozofiju koja im možda ne može pomoći u poimanju novih ideja i procedura. Ovo je, dakle, prvi doprinos koji filozofija može ponuditi fizici, preispitivanje njezine vlastite filozofije. Drugi se doprinos tiče organizacije fizike, posebice aksiomske rekonstrukcije fizikalnih teorija te analize i vrednovanja empirijskih procedura. Različite teze i antiteze o kojima se raspravlja u članku ilustrirane su primjerima iz suvremene fizike.

Postojalo je vrijeme kad se od filozofije očekivalo gotovo sve, vrijeme kad su filozofi samopouzdanost crtali glavne linije slike svijeta i fizičarima prepuštali slugansku zadaću pribavljanja detalja. Jednom kada je ovaj aprioristički pristup propao, fizičar je odbacio filozofiju u cjelosti. Danas od nje ne očekuje ništa dobro. Štoviše, sama riječ "filozofija" može u njemu pobuditi ironičan ili čak prezriv smijeh. On zna bolje od prepuštanja šupljom misaonoj razuzdanosti.

Bilo kako bilo, zanemarivanje neće otjerati filozofiju. Kažemo li da ne marimo za filozofiju, zapravo vrlo vjerojatno zamjenjujemo implic-

¹ Izvornik: Bunge, M. (1970) "The Physicist and Philosophy", *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie / Journal for General Philosophy of Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 196-208.

itnu, što znači nezrelu i nekontroliranu filozofiju, za eksplicitnu. Tipičan fizičar našeg vremena odbacio je istrošene dogmatske sisteme – napola neprovjerljive, napola pogrešne, a u oba slučaja u velikoj mjeri jalove – nekritički ih zamijenivši drugačijim skupom filozofskih načela. Ova filozofija fizike, ekstremno popularna među fizičarima od početka našeg stoljeća, zove se *operacionizam*.² Ona drži da simbol, npr. jednadžba, ima fizikalno značenje samo ukoliko se tiče neke moguće operacije.

Student fizike usvaja operacionističku filozofiju od početka: nalazi je u udžbenicima, na predavanjima, kao i u seminarskim diskusijama. Rijetko nailazi na kritičko preispitivanje ovog filozofskog nazora jer to je obično prepušteno filozofima. Štoviše, ako pokuša kritizirati službenu filozofiju znanosti ubrzo može otkriti da to ne bi trebao činiti. Operacionizam je ortodokсни credo.

U svakom slučaju, i operacionist i njegov kritičar filozofiraju. Filozofiranje nije neobično i nije teško; teško je dobro filozofirati, a potpuno se suzdržati od filozofije nemoguće je. Ukratko, fizičar nije filozofski neutralan. On se nesvjesno oslanja o čitav skup filozofskih načela koja će sada biti ispitana.

1. Standardna filozofija fizike

Suvremeni fizičar, bez obzira koliko sofisticiran i kritičan bio u tehničkim pitanjima, obično se dogmatski zalaže za ono što bi se moglo nazvati Kredo Nevinog Fizičara. Glavne su dogme ovog kreda sljedeće:

1. Promatranje je izvor i glavna briga fizikalnog znanja.
2. Nema realnosti više od skupa ljudskih iskustava. Cijela fizika tiče se iskustva prije nego nezavisne realnosti. Fizikalna je realnost sektor ljudskog iskustva.
3. Hipoteze su i teorije fizike kondenzirano iskustvo tj. induktivne sinteze iskustvenih predmeta.

² U literaturi se ovaj pojam češće javlja pod nazivom 'operacionalizam', no Bunge sustavno koristi ovu varijantu. (op. prev.)

4. Fizikalne teorije nisu proizvedene, nego otkrivene: mogu biti raspoznate u skupovima empirijskih podataka poput laboratorijskih tablica. Spekulacija i invencija ne igraju gotovo nikakvu ulogu u fizici.

5. Cilj je hipoteza i teorija sistematizirati dio rastućeg fonda ljudskog iskustva i predvidjeti moguća nova iskustva. Nikako se ne bi trebalo truditi objasniti realnost, a pogotovo ne bismo trebali pokušavati zahvatiti suštine.

6. Hipoteze i teorije koje uključuju nepromatralačke pojmove poput elektrona ili polja nemaju fizikalnog sadržaja: one su tek matematički mostovi između aktualnih ili mogućih promatranja. Ovi transempirijski pojmovi ne odnose se na stvarne, ali neopazive predmete, nego su samo pomoćni pojmovi lišeni referencije.

Prijevod

7. Hipoteze i teorije fizike nisu više ili manje istinite ili adekvatne jer ne korespondiraju s nezavisno postojećim predmetima, one su samo više ili manje učinkoviti načini sistematizacije i obogaćivanja našeg iskustva prije nego komponente slike svijeta.

8. Svaki važni pojam treba biti definiran. Posljedično, svaki dobro organizirani diskurs treba početi definiranjem ključnih termina.

9. Definicija pripisuje značenje: nedefinirani simbol nema fizikalnog značenja i time se u fizici može javljati samo kao pomoćni pojam.

10. Simbol zadobiva fizikalno značenje kroz operacionalnu definiciju. Što god nije definirano u terminima mogućih empirijskih operacija bez fizikalnog je značenja i trebalo bi biti odbačeno.

Uzevši ili dodavši pokoj zapovijed, većina suvremenih fizičara barem se deklarativno slaže s prethodnim Dekalogom – ne samo u zapadnom svijetu, nego i u drugim svjetovima. To ne znači da svi koji se kunu u Dekalog žive po njemu. U stvari nema fizičara koji bi daleko dospio ponašajući se u skladu s ovim zapovijedima jer one niti reflektiraju stvarno istraživanje, niti ga unaprjeđuju. Sada ću pokušati pokazati da je operacionizam lažna filozofija fizike.

2. Promatranje i realnost

Postulat I koji čini promatranje izvorom i predmetom fizikalnog znanja djelomično je istinit: nema sumnje da promatranje priskrbljuje neko rudimentarno znanje. Ali čak i obično znanje daleko premašuje promatranje, primjerice kad postulira postojanje neopazivih entiteta poput unutrašnjosti čvrstog tijela i radiovalova. Fizika ide i dalje od toga, izumljujući ideje koje nije moguće izlučiti iz običnog iskustva, poput pojma elektrona i zakona inercije. Ukratko, promatranje nije izvoriste svakog predmeta fizikalnog znanja. Pogrešna je i tvrdnja da su dobra promatranja ona neokaljana teorijom.

Osim toga, promatranje kao čin nije briga fizike, nego psihologije. Tako je teorija elasticiteta teorija elastičnih tijela, a ne ljudskih opservacija o takvim tijelima. Da tomu nije tako specijalist za elasticitet promatrao bi ponašanje kolega fizičara, a ne elastična tijela te predla-gao hipoteze koje se tiču znanja o tim stvarima umjesto o unutarnjoj strukturi i vidljivom ponašanju elastičnih tijela. Istina je da su neki od elementarnih problema elasticiteta predloženi inteligentnim (tj. u teoriju uronjenim) promatranjem i da bi svaka teorija elasticiteta trebala biti testirana eksperimentima koji uključuju promatranja. Ali to nije ono što *Postulat I* tvrdi.

Aksiom II koji pripada metafizici traži raskid s pojmom realnosti: u najmanju ruku pokušava je staviti u zgrade tijekom znanstvenog istraživanja. Do ere operacionizma svaki je fizičar smatrao da rukuje realnim stvarima ili ima ideje o njima. On to i dalje čini dok radi, ali ne i kada filozofira: u tim prilikama praktički realist često se okreće empirizmu. Samo su se neki konzervativci, poput Einsteina, u zenitu operacionizma usudili tvrditi da fizika pokušava spoznati stvarnost. Izgleda da je nepovjerenje spram realnosti naslijeđeno od britanskih empiris-ta – posredstvom pozitivista i pragmatista – koji su kritizirali tvrdnje učenjaka i drugih spekulativnih filozofa prema kojima smo sposobni dosegnuti nepromjenjivu realnost ispod promjenjivih ljudskih iskustava. Ali ovo uključuje veoma specifičnu upotrebu pojma “realnost” koja je samo od historijskog interesa. U svakom slučaju nije zanimljivo batinati mrtvog konja tradicionalne metafizike: ono što je od interesa jest saznati je li fizika zaista vezana za metafiziku iskustva prije nego za stariju metafiziku supstancije ili možda ne odgovara nijednoj od njih.

Naravno da fizika ne isključuje pojam realnosti, ali ga ograničava na fizikalnu razinu, ostavljajući drugim znanostima zadaću istraživanja drugih razina, posebno razine ljudskog iskustva. Nijedna fizikalna teorija ne pretpostavlja da su njezini predmeti osjeti, misli ili ljudska djelovanja: predmet su fizikalnih teorija fizikalni sustavi. Štoviše, iako se fizika ne bavi ljudskim iskustvom, ona konstituira radikalno proširenje i produbljenje ljudskog iskustva. Tako je proizvodnja čestične zrake od 1 GeV novo ljudsko iskustvo, kao i razumijevanje raspršenja te zrake na danoj meti, ali je cilj osmišljavanja i izvršavanja eksperimenta, kao i izgradnje pripadne teorije, saznati više o česticama, ne o ljudima. Na sličan način astrofizičar koji proučava termonuklearne reakcije u unutrašnjosti zvijezda samo intelektualno prodire u njih i nema izravno iskustva o predmetu svog istraživanja. On ipak vjeruje, ili se barem nada, da njegove teorije imaju realne odgovarajuće predmete. Naravno, ovo uvjerenje, ili radije nada, nije neutemeljeno: za razliku od starog metafizičara, on provjerava svoje teorije suprotstavljajući ih opservacijskim podacima od kojih su mnogi prikupljeni upravo u svjetlu teorija kojima ih testira. Drugim riječima, iako su iskustva različite vrste potrebna za testiranje naših fizikalnih ideja, ona ne konstituiraju njihove referente. Intendirani referent bilo koje fizikalne ideje realna je stvar. Ako se ova osobita stvar ne pokaže stvarnom, tim gore po ideju. Realnost ne mari za naše promašaje. Ali ako zanemarimo realnost ili je poreknemo, završavamo odustajući od znanosti i vezani za najgoru moguću metafiziku.

Prijevod

3. Priroda i cilj fizikalnih ideja

Postulat III, u vezi s prirodom fizikalnih hipoteza i teorija, na fizikalnu znanost ekstrapolira ono što drži dijelom običnoga znanja. Istina je da su mnoge opće tvrdnje induktivne sinteze ili sažeci empirijskih podataka. Ali pogrešno je tvrditi da je svaka opća fizikalna ideja oblikovana indukcijom iz pojedinačnih iskustava, npr. promatranja. Uzmimo u obzir formule teorijske fizike, čak i one najteže vrste – fizike čvrstih stanja. Sve sadrže više ili manje sofisticirane teorijske koncepte udaljene od neposrednog iskustva. Štoviše, hipoteze i teorije isključuju iskustvo prije negoli ga sažimlju jer predlažu nova promatranja i eksperimente.

Ipak ovo nije njihova najvažnija funkcija: mi ih cijenimo prvenstveno zato što nam omogućuju ocrtati više ili manje nedovršenu mapu realnosti i objasniti je, makar djelomično ili postupno.

Ništa se ne objašnjava tvrdnjom da je nešto činjenica iskustva, kao ni osiguravanjem da tvrdnja bude paket eksperimentalnih predmeta. Iskustvo je nešto što treba objasniti, a objašnjenje je zadaća teorija. Fizikalne teorije, prije nego što su same jedinice konzerviranog iskustva, omogućavaju nam objašnjenje jedne strane ljudskog iskustva koje jest djelićem stvarnosti. Ali one ne dostaju jer svako je ljudsko iskustvo makročinja s mnogim aspektima koja se zbiva na mnogo razina, od fizikalne do mentalne, tako da njegovo prikladno objašnjenje zahtijeva suradnju fizikalnih, kemijskih, bioloških, psiholoških i psihosocijalnih teorija. Ukratko, fizikalne ideje idu preko iskustva i zato mogu doprinijeti objašnjenju iskustva. Dakle treći je aksiom službene filozofije fizike lažan.

Postulat IV. Četvrta je dogma posljedica Postulata III: ako su teorije induktivne sinteze, tada one nisu proizvedene nego oblikovane aglomeriranjem empirijskih pojedinosti, slično kao što je oblak oblikovan nakupljanjem vodenih kapljica. Lažnost ove teze proizlazi iz lažnosti Postulata III, ali može se neovisno pokazati podsjećanjem na to da svaka teorija sadrži pojmove koji se ne pojavljuju u podacima upotrebljenim za njezinu provjeru. Tako mehanika kontinuuma koristi pojam unutarnjeg naprezanja, ali, budući da je ovaj pojam neopaziv, on ne igra ulogu u podacima korištenim za podupiranje ili potkopavanje bilo koje posebne hipoteze koja se tiče određene forme tenzora naprezanja.

Još jedan argument psihološke prirode može biti upotrebljen protiv Postulata IV, naime sljedeći: nijedna fizikalna teorija nije proizašla iz kontemplacije o stvarima, čak ni o empirijskim podacima: svaka fizikalna teorija bila je kulminacija kreativnog procesa koji je uvelike nadmašivao dostupne podatke. Tomu je tako ne samo zato što svaka teorija sadrži pojmove koji se ne pojavljuju u eksperimentalnim iskazima relevantnima za nju samu već i zato što za bilo koji skup podataka postoji neograničen broj teorija koje ih mogu objasniti. Ne postoji jednosmjerna staza od podataka prema teorijama. S druge strane, put je od temeljnih pretpostavki teorije do njezinih provjerljivih posljedica jedinstven. Ukratko, dok je indukcija dvosmislena, dedukcija je nedvosmislena. Osim toga, teorije nisu fotografije: one ne nalikuju svojim referentima, nego su simboličke konstrukcije sagrađene u svakoj epohi

pomoću dostupnih pojmova. Znanstvene teorije, daleko od toga da budu induktivne sinteze, jesu kreacije – podvrgnute empirijskom testiranju, ali zbog toga ne manje kreativne.

Uvjerenje V koje se tiče cilja fizikalnih ideja jednostrano je i pretpostavlja postojanje samo jednog cilja. Istina je da su sistematizacija i uređivanje među glavnim ciljevima teoretiziranja, ali nisu i jedini. Sinoptička tablica, numerička tablica i graf neki su od mnogih načina komprimiranja i uređivanja podataka, ali nijedan od njih ne objašnjava zašto se stvari događaju na jedan način, a ne drugačije. Da bismo nešto objasnili, trebamo to deducirati, a dedukcija zahtijeva premise koje idu preko onoga što se objašnjava. Ove su premise mnoge hipoteze koje sadrže teorijske pojmove. Ukratko, glavna je funkcija fizikalnih teorija pružanje objašnjenja fizikalnih činjenica.

Prijevod

Ali postoje površna i duboka objašnjenja i nećemo se zadovoljiti prvima ako možemo dobiti potonja. Da bismo nešto dubinski objasnili i dospjeli do jezgre stvari, moramo postavljati hipoteze o mehanizmima, ne nužno ni poglavito mehaničkim. A mehanizmi, osim makrofizičkih i propisno mehaničkih, izmiču percepciji. Samo duboke (nefenomenološke) teorije mogu ih objasniti. Ukratko, da bismo dobili duboka objašnjenja u fizici ili u bilo kojoj drugoj znanosti, moramo izumiti duboke teorije: teorije koje premašuju kako iskustvo, tako i teorije tipa crne kutije.

U mnogim slučajevima takve duboke teorije naizgled dolaze nadimak suštini svojih predmeta – ili radije njihovih suštinskih ili izvornih obilježja. Dakle ne možemo više tvrditi da fizika, ostajući u sferi relacija i regularnosti, ne zahvaća suštinu stvari. Postoje suštinska ili osnovna svojstva, poput mase i naboja, koja proizvode nekoliko drugih svojstava; isto tako postoje osnovni ili suštinski obrasci, što uključuju neka od izvornih svojstava, koji uzrokuju izvedene obrasce. Naravno da ne postoje nepromjenjive suštine koje sama intuicija može zahvatiti. Štoviše, svaka je hipoteza koja se tiče suštinskog karaktera danog skupa svojstava i zakona podložna promjeni. Ali činjenica je da fizika, ukoliko premašuje izvanjski ili bihevioristički pristup – koji ostaje nužan, ali nedostatan – podriva Postulat V.

4. Teorijski pojmovi i istina

Aksiom VI zajednički je konvencionalizmu, pragmatizmu i operacionizmu (koji se može smatrati filozofijom znanosti pragmatizma). Ako ga usvojimo, odbacujemo većinu referenata fizikalne teorije i ostajemo s praznim računima. Ono što razlikuje fizikalnu teoriju od čisto matematičke jest da se ona, na ispravan ili pogrešan način, tiče fizikalnih sustava. Ako teorija nije o klasi fizikalnih sistema, ona ne prolazi kao fizikalna teorija. Time je šesta dogma semantički netočna. Ona je netočna i psihološki jer kad teorije ne bi bile ništa drugo do strojevi za mljevenje podataka, nitko se ne bi ni trudio graditi ih: teoretičarev je cilj proizvesti objašnjenje dijela realnosti. Ukratko, Postulat VI pogrešan je na svim osnovama. Unatoč tomu njegova je historijska zasluga opovrgavanje naivnog realizma: sada počinjemo shvaćati da fizikalne teorije nisu portreti realnosti, već uključuju brutalna pojednostavljenja koja vode do idealnih shema ili objektnih modela poput homogenog polja i slobodne čestice. Moramo priznati da kao dodatak takvim prvim procjenama moramo uvesti konvencije poput onih o mjernim jedinicama. Ali ništa od ovoga ne pretvara fiziku u puku fikciju ili u skup konvencija, baš kao što opis promatranog fenomena u običnom jeziku nije prazan zbog svog smještaja u konvencionalnom sistemu znakova.

Postulat VII koji traži eliminaciju pojma istine slijedi iz konvencionalističke teze. Jer ako fizika nije o realnim predmetima, tada to nisu ni njezini iskazi, tj. oni nisu više ili manje istinite (ili lažne) formule. Ali ova se doktrina ne podudara s praksom fizičara. Kada teoretičar izvede teorem, on tvrdi da je ovaj istinit u teoriji ili u teorijama kojima pripada. Kad eksperimentator potvrdi taj teorem u laboratoriju, on zaključuje da je iskaz istinit, barem djelomično, u odnosu spram razmatrane empirijske građe. Ukratko, i teoretski i eksperimentalni fizičar koriste pojam istine i mogli bi se čak osjećati uvrijeđeno kad bi im bilo rečeno da ne traže istinu.

Naravno da su istine dostižne fizici relativne u smislu da stoje, ako uopće, u odnosu spram određenog skupa propozicija koje su trenutno uzete zdravo za gotovo, tj. propozicija nepreispitanih u danom kontekstu. One su također djelomične ili približne istine jer je njihova potvrda uvijek djelomična i povrh toga privremena. Ali iz toga što je relativna ili djelomična ne proizlazi da je istina iluzija. Jednostavnost i efikasnost koju pragmatist štuje umjesto istine nisu obilježja svake teorije. Najdu-

blje fizikalne teorije, kao što su opća relativnost i kvantna mehanika, također su i najbogatije. Efikasnost za djelovanje može biti ostvarena tek s prijelazom na primijenjenu znanost ili tehnologiju. Bila jednostavna ili složena, fizikalna teorija nije djelotvorna ili nedjelotvorna, nego više ili manje istinita. Gruba teorija vješto upotrebljena za praktične ciljeve može biti jednako djelotvorna kao i rafinirana teorija, iako su u normalnom slučaju istinitost i djelotvornost proporcionalne. U svakom slučaju, djelotvornost nije inherentna teorijama, ona je svojstvo parova sredstava i svrha: teorije se pojavljuju među sredstvima korištenim u tehnologiji, ali njihova se djelotvornost može procijeniti samo s obzirom na svrhe. Iz ovoga proizlazi da je Postulat VII službene filozofije fizike lažan.

Prijevod

5. Definicije

Postulat VIII koji zahtijeva početnu definiranost svakog pojma naravno je apsurdan. Svaki je definiran pojam kao takav ugrađen među druge pojmove tako da neki moraju ostati nedefinirani. Tako su pojmovi mase i sile primitivni (nedefinirani) u njutnovskoj mehanici. Oni nisu stoga opskurni i neodređeni, već su specificirani u mnogim formulama. Dobro izgrađena teorija ne počinje hrpom definicija, nego popisom nedefiniranih pojmova ili primitiva. To su jedinice koje se, slijepljene pomoću logičkih i matematičkih pojmova, iznova javljaju na svakom stupnju konstrukcije teorije. To su suštinski ili temeljni pojmovi u danoj teoriji, oni bez kojih teorija ne može. Svi drugi pojmovi, tj. oni definirani u terminima primitiva, logički su sekundarni. Tako je osma dogma, kojoj se mnogi udžbenici pokušavaju prilagoditi, pogrešna.

Postulat IX koji se tiče procedure kojom je značenje pripisano simbolu nema opću važnost. Definicije pripisuju značenje pod uvjetom da su one same uokvirene simbolima koji sami imaju značenje. Takvi definirajući simboli ne mogu dobiti značenje posredstvom definicija upravo zato što su definirajući, a ne definirani. Dakle da bi se opisalo značenje temeljnog ili nedefiniranog fizikalnog simbola, potrebno je posegnuti za drugačijim sredstvom od definicije.

Najbolje što se može učiniti jest iznijeti sva tri uvjeta koja simbol mora zadovoljiti: (a) matematičke uvjete, tj. formalna svojstva koja

mora imati, (b) semantičke uvjete koje fizički predmet ili svojstvo mora predstavljati, (c) fizikalne uvjete, tj. relacije koje pretpostavljeno zauzima spram drugih fizikalno smislenih simbola u teoriji. Kako je svaki uvjet ove vrste aksiom ili postulat, vidimo da se zadaća nedvosmislenog i eksplicitnog pripisivanja fizikalnih značenja izvodi aksiomatizacijom teorije u kojoj se razmatrani simboli pojavljuju. Tako je u elektromagnetskoj teoriji "E" primitivni simbol koji označava pojam (intenzitet električnog polja) te ima određenu matematičku formu (vektorsko polje preko četverodimenzionalne mnogostrukosti) i određeni referent (svojstvo fizikalnog polja). Ova posljednja pretpostavka, semantičke prirode, nije konvencija poput definicije, nego hipoteza. Doista, mogla bi se pokazati praznom: elektromagnetska polja mogla bi ne postojati. Ali teorija pretpostavlja da takve stvari postoje. Sve u svemu, ono što pripisuje značenje temeljnom fizikalnom simbolu nije definicija, nego cijela teorija sa svoja tri sastojka: matematičkim, semantičkim i fizikalnim pretpostavkama. Kad bi se teorija pokazala lažnom, njezini bi primitivi i dalje zadržali određeno značenje, ali bi postali prazni. U svakom slučaju, deveta je dogma pogrešna jer samo definirani ili sekundarni simboli dobivaju značenje preko definicija.

Konačno, i *Postulat X*, vezan za tzv. operacionalne definicije, također je lažan. Kada je primijenimo na slučaj koji smo upravo razmatrali, ova dogma drži da "E" dobiva fizikalno značenje samo kada je propisana procedura za mjerenje vrijednosti E. Ali ovo je nemoguće: mjerenja dozvoljavaju određivanje samo konačnog broja vrijednosti funkcije. Štoviše, ona se pokoravaju samo racionalnim ili frakcionalnim vrijednostima. Osim toga, brojčana vrijednost magnitude fizikalne količine samo je jedna njezina komponenta. Naprimjer pojam električnog polja je, matematički govoreći, funkcija i sačinjen je od tri sastojka: dva seta (domene i raspona funkcije) i precizne korespondencije među njima. Kad netko ne bi imao već prilično oblikovanu ideju cijele stvari, ne bi ni znao odakle krenuti s uzimanjem mjernog uzorka. Daleko od toga da bi pripisivalo značenja, mjerenje ih pretpostavlja.

Štoviše, mjerenja vrijednosti E uvijek su neizravna: polja su dostupna iskustvu samo kroz njihove ponderomotivne akcije. K tomu postoje mnogi načini mjerenja vrijednosti E i kad bi svaki od njih određivao jedan pojam snage električnog polja, imali bismo više različitih pojmo-va umjesto jedan jedini iz Maxwellove teorije. Značenje nije određeno

djelovanjem, nego mišljenjem. Tek kada imamo razumno jasnu ideju, isplati se otići u laboratorij. Sve u svemu, Postulat X je lažan: nema operacionalnih definicija. Uvjerenje da ih ima dolazi od elementarne konfuzije između definiranja (čisto konceptualna operacija koja se, štoviše, ne odnosi na temeljne pojmove) i mjerenja – operacije koja nije samo empirijska, nego također i konceptualna.

Ovime zatvaramo našu kritiku Kreda Nevinog Fizičara. Upotrijebili smo nekoliko filozofskih alata, uglavnom logiku i semantiku, te nekoliko protuprimjera uzetih iz fizike. Ishod je jasan: do mjere u kojoj je naša kritika opravdana, eksplicitno filozofiranje može biti korisno da bi se raspršio dio magle koja lebdi nad fizikom. Sada ćemo vidjeti da, uz kritičku, filozofija može imati i stvaralačku funkciju.

Prijevodi

6. U potrazi za uvjerljivošću

Filozofski bi stav mogao biti od pomoći u odabiru izazovnih problema, iskušavanju dubokih teorija, nepovjerenju u jednostavnost, odbacivanju nejasnosti te u potrazi za uređenim i konzistentnim formulacijama. Red i uvjerljivost nemaju samo estetsku vrijednost: što je skup ideja bolje organiziran, to ga je lakše shvatiti i zapamtiti (psihološka prednost) i bolje se izručuje kritici, procjeni te, eventualno, zamjeni drugim sistemom. Iz ovih su razloga matematičari od vremena Euklida cijenili aksiomatski formulirane teorije. Ovo nije samo stvar poučavanja, kako je nagoviješteno ranije, nego isto tako i metodologije: aksiomatika je znanstveno vrijedna jer eksplicira sve korištene pretpostavke čime omogućuje njihovo držanje pod kontrolom.

Na nesreću većina fizičara ne vjeruje aksiomatici, očito zato što smatraju da aksiomatizacija kristalizira ili okoštava. (Jedan je eminentni fizičar rekao piscu: "Aksiomatizacija je beskorisna." Jedan je otišao korak dalje rekavši mu: "Ne želimo aksiomatske teorije u fizici.") Svidjelo se to nekome ili ne, činjenica je da intuitivno formirana teorija nije toliko jedna teorija koliko skup teorija, sve dok se koriste različite grupe pretpostavki. Iz tog se razloga svaka više ili manje amorfna teorija može aksiomatizirati na više nejednakovrijednih načina tj. usvajajući različite pozadine (npr. različita matematička oruđa) i različite temeljne hipoteze (aksiome). Kako je aksiomatizacija ekspliciranje onoga što je

bilo prešutno, neprijatelji aksiomatike nenamjerno odbacuju eksplicitnost favorizirajući njezinu suprotnost, nejasnoću. Osim toga, aksiomatizacija teorije ne prisiljava nas da je zauvijek usvojimo: upravo suprotno, kako aksiomatizacija olakšava ispitivanja teorije i eliminira nejasnoće koje ova može sadržavati, ona pokazuje put za nove teorije dobivene promjenama nekih pretpostavki.

Netko bi mogao reći da priznavanje vrijednosti aksiomatizacije ipak ne dokazuje da je filozofija za nju potrebna. Istina, dobar teoretičar može aksiomatizirati a da ne koristi filozofiju, kao što za svakodnevni život ne dobivamo mnogo studijem logike. Ali iskustvo pokazuje da su fizikalni aksiomatski sistemi uglavnom neuravnoteženi: dok neki od njih zanemaruju specficiranje matematičkog statusa temeljnih pojmova, drugi ne specficiraju jasno što ti pojmovi znače. Prstohvat filozofije mogao bi nam pomoći u izbjegavanju ekstremâ konkretizma i formalizma i to zato što je jedna od zadaća filozofije istraživanje prirode dobro izgrađenih znanstvenih teorija.

Uzmimo još jednom u obzir gore razmatran slučaj simbola "E." Matematičar s namjerom aksiomatizacije Maxwellove teorije sigurno neće zaboraviti postulirati, recimo, da "E" označava vektorsko polje preko neke razlučive mnogostrukosti, ali može zaboraviti reći da ova mnogostrukost predstavlja prostor-vrijeme ili ne povesti računa o tome da vektorsko polje upućuje na navodno realno polje. On može samo nagovijestiti ovu namjeravanu interpretaciju ili, usvajajući nekritički filozofiju operacionizma, utvrditi da su brojčane vrijednosti od E rezultat mjerenjâ (koja nisu egzaktna niti specifična); ili, napokon, može tvrditi da je "E" samo ime za izraz "električno polje" pri čemu reducira semantički problem na problem pribavljanja pravila označavanja. Filozof može istaknuti da su pravila označavanja jedva nešto više od konvencija pridavanja imena, dok semantičke pretpostavke uključuju hipoteze o egzistenciji referenata. (Prisjetimo se 5. odjeljka). On isto tako može upozoriti protiv uvjerenja da će interpretativni postulat iscrpiti značenje razmatranog simbola: može istaknuti da su fizikalni pojmovi određeni matematičkim i fizikalnim pretpostavkama, ne samo temeljnima, nego i izvedenima. Može podsjetiti aksiomatizatora, ukratko, da fizikalna značenja ne bi smjela biti zanemarena i da ne bi trebalo vjerovati u mogućnost njihova nedvosmislenog pripisivanja pomoću jedne ili dviju rečenica. Sve u svemu, filozof može biti od pomoći u najdelikatnijoj, iako možda ne i najkreativnijoj od teorijskih aktivnosti, naime u utemeljenju (osnovama) teorija.

7. Analiza teorija

Još jedan aspekt istraživanja osnova u kojem filozof sudjeluje jest analiza teorija i, posebno, njihovih osobenih pojmova i iskaza. Obično se ova analiza izvodi na intuitivan ili poluintuitivan način tj. bez prethodne aksiomatizacije. Ali svaka rigorozna analiza zahtijeva prisutnost u temeljima potpuno i dobro uređene teorije. Naprimjer apsurdno je pokušati saznati je li pojam električnog polja primitivan ili izveden, osim u određenom teorijskom kontekstu. Tako će u jednoj teoriji "E" referirati na realno polje, supstanciju protegnutu preko regije prostora, dok u drugoj teoriji "E" neće biti više od pomoćnog simbola, a samo će ponderomotivnoj sili E biti pripisano značenje. A u teoriji djelovanja na daljinu E se ne mora uopće pojaviti. Ovdje filozof također može biti od pomoći. Naprimjer ako je fizičar neodlučan oko pripisivanja fizikalnog značenja "E" u teoriji polja, filozof može od njega tražiti razlog ovog oklijevanja. Treba li fizičar prosuditi da se E ne može izravno izmjeriti i da su slobodna polja nemjerljiva jer već sama prisutnost mjerne aparature ukida prazninu, filozof mu može odgovoriti da slična kritika, proširena na druge teorijske pojmove, sve njih lišava značenja. U svakom slučaju, kako fizičar koji analizira fizikalnu teoriju koristi filozofske pojmove teorije, forme, sadržaja, istine i mnoge druge, on može očekivati kritiku ili pomoć filozofa.

Suvremena znanstvena filozofija (matematička logika, semantika, metodologija itd.) relevantna je i za kritički i za konstruktivni (ili radije rekonstruktivni) aspekt istraživanja osnova. Naravno da je filozofija nedovoljna: predmetom treba prije svega ovladati. Ali fizičar bez filozofskih kompetencija nije puno bolji od čistog filozofa kada dođe do istraživanja osnova. Tako je, da bismo saznali je li pojam mase odrediv unutar mehanike poznavanje mehanike nužno, ali ne i dovoljno: dokaz nezavisnosti pojma iziskuje određenu tehniku nastalu u metamatematici, a koja sada pripada teoriji teorijâ. Kada su dvije različite discipline zajedno neophodne za određeni posao, suradnja je obavezna. Ovo je slučaj s osnovama fizike. Fizičar koji izbjegava takvu suradnju i koji tvrdoglavo odbija pogledati u lice filozofiji mora se pomiriti s time da će ostati neupućen u određene probleme osnova fizike i računati na brojne pogreške koje bi lako mogao izbjeći uz malo filozofije. Česti primjeri ovakvih grešaka proizašlih iz nedovoljnog poznavanja filozofije su:

Prijevod

vjerovanje da su masa i energija identične samo zato što su povezane; vjerovanje da je upotreba vjerojatnosti indikator nepotpunog znanja; vjerovanje da stohastičke teorije ukazuju na propast determinizma; vjerovanje da sve što nije slučajno mora biti kauzalno; vjerovanje da je svaka teorijska vrijednost (npr. eigen-vrijednost kvantno-mehaničke dinamičke varijable) mjerena vrijednost – i stotine drugih vjerovanja koja se nekritički ponavljaju.

Egzaktna analiza fizikalne teorije može se poduzeti nakon što je teorija sročena na potpun i konzistentan način, tj. nakon njezine aksiomatizacije. Bez takve rekonstrukcije pri razmrsivanju spleta formula možemo računati samo s našom intuicijom. Još gore, ako teorija nije sastavljena na uređen način, netko će pokušati izabrati izolirane formule teorije poput de Broglievovih ili Heisenbergovih relacija, zaboravljajući odakle dolaze, a time i njihovo značenje. Tako se za Heisenbergove relacije, iako su izvedene bez pretpostavke nekog aparata, često tvrdi da uključuju pogreške mjerenja ili čak subjektivne neizvjesnosti. Kada se cijela teorija uzme u obzir, uviđa se kako su te obje interpretacije sporedne. Aksiomatiziramo li kvantnu mehaniku, uviđamo da se u njoj ne radi o mjerenjima ili o mentalnim stanjima: uviđamo da se ona tiče mikrosistema koji eventualno djeluju na makrosisteme, a to su daljnji fizikalni sistemi prije nego promatrači. Eigen-vrijednostima, prosjecima, standardnim devijacijama i drugim količinama s kojima računamo u kvantnoj mehanici moramo dakle pripisati čisto objektivno značenje.

U dobro izgrađenoj teoriji svaki je mogući referent spomenut na početku: pojavljuje se na listi nedefiniranih pojmova. Dodavanje *deus ex machina* (promatrača) fizikalnom sistemu nemoguće je u takvom kontekstu. Samo arbitrarnim uvođenjem stranih elemenata na razini teorema – tj. krijumčarenjem pojmova koji se ne pojavljuju među aksiomima – može iskrsnuti spomenuta interpretacija. Ukratko: svaki pojam za korištenje u teoriji mora biti ili uveden kao primitiv ili definiran u terminima primitiva. Kako ni promatrač, ni (nepostojeći) mjerni aparat opće namjene nisu ni primitivi, ni definirani pojmovi u kvantnoj mehanici, oni njoj ne pripadaju. Ako bismo je htjeli izgraditi, teorija mjerenja trebala bi biti izgrađena kao primjena svih teorija koje se zbiljski pojavljuju pri pojedinačnom mjerenju – posebice, ali ne isključivo kvantne mehanike. U svakom slučaju, analiza teorija najbolje je provedena u aksiomatskom kontekstu: otvorene kontekstualne analize osuđene su na manjkavosti.

U sažetku, analiza fizikalnih teorija prikladno je polje za suradnju fizičara i filozofa jer je njezina zadaća ujedno znanstvena i filozofska čime iziskuje supstantivno znanje (fizika) kao i metodološku svjesnost.

8. Zaključak

Bilo koji fizičar koji zagrebe ispod površine vlastitog rada osuđen je suočiti se s filozofijom, osim ako se ne ograniči na rutinske zadaće ili vrlo uske probleme. Jednom kada susretne zvijer, fizičar ima dvije mogućnosti. Jedna je sebi dopustiti da ga ona nadjača tj. podleći prevladavajućoj filozofiji koja je kao popularna osuđena na grubost i nazadnost. Druga je mogućnost proučavanje zvijeri u nadi da je pripitomiti, tj. upoznavanje nekih suvremenih filozofskih istraživanja, njihovo kritičko ispitivanje i stavljanje u službu vlastitog znanstvenog rada.

Prijevod

Fizičar koji odbija biti porobljen anakronističnom filozofijom i koji je voljan priznati filozofiju kao polje egzaktnog ispitivanja, od takvog pristupa može očekivati mnogo. Čitanje imaginativnih filozofa može ga odvesti novim idejama; studij logike može povisiti njegov standard strogosti i jasnoće; navika semantičke analize pomoći će mu u otkrivanju izvornih referenata njegovih teorija; a ljubav prema logičkoj čistoći i semantičkoj jasnoći učinit će ga pobornikom aksiomatskog formata. Zadnje, ali ne i najmanje važno, kontakt s filozofijom može doprinijeti rastu krila, prije negoli njihovom podrezivanju: može pojačati teoretičarovu vjeru u snagu ideja, može mu pomoći da ne odustane kada mu kažu da su mu ideje operacionalno nedefinirane ili da su mu hipoteze neprovjerljive na očigledan način (nijedna izazovna nova hipoteza ne može tako biti testirana) ili da su njegove teorije prepune kompliciranih ideja. Ukratko, upoznavanje sa suvremenom filozofijom znanosti može eliminirati neke prepreke znanstvenom progresu kojemu se suprotstavlja filozofija neprikladna praksi znanstvenog istraživanja, čiji prestiž proizlazi samo iz toga što su je branili neki eminentni fizičari koji nikada nisu djelovali u skladu s njom.³

³ **Mario Bunge** (rođen 1919.), argentinski je filozof i fizičar koji najviše djeluje u Kanadi. U svojoj dugoj karijeri bio je profesor teorijske fizike i filozofije na Sveučilištu u Buenos Airesu od 1956. do 1966., od kada do dana današnjeg predaje logiku i metafiziku na Sveučilištu McGill u Montrealu. Napisao je više od osamdeset knjiga i posjeduje šesnaest počasnih doktorata sa sveučilišta iz obiju Amerika i Europe. Ekstenzivno je pisao o raznim temama uključujući opću filozofiju znanosti, filozofiju fizike, o tzv. problemu uma i tijela, ali

i o političkoj filozofiji. Najpoznatije knjige ovog filozofa koje se tiču našeg temata su *Foundations of Pyhsics* ("Temelji fizike") iz 1967., *Philosophy of Physics* ("Filozofija fizike") iz 1973. i dvosveščana *Philosophy of Science* ("Filozofija znanosti") iz 1998. Autor je i urednik filozofijskog rječnika iz 1998. Nijedna od navedenih knjiga nije prevedena na hrvatski jezik, ali preveden je zbornik koji je on uredio pod nazivom "Marksizam i prirodne znanosti: izbor tekstova" (Zagreb, Školska knjiga, 1974.).

Literatura:

BUNGE, MARIO (ur.) (1967) *Dela-
ware Seminar in the Foundations
of Physics*. Berlin-Heidelberg-New
York: Springer

BUNGE, MARIO (1967) *Foundations
of Physics*. Berlin-Heidelberg-New
York: Springer

BUNGE, MARIO (1968) "Philosophy
and Physics," u: R. Kilbansky (ur.),
Contemporary Philosophy, vol. II.
Florence: La Nuova Italia Editrice,
str. 167-199

BUNGE, MARIO (ur.) (1967) *Quan-
tum Theory and Reality*. Berlin-
Heidelberg-New York: Springer

BUNGE, MARIO (1967) *Scientific Re-
search*, 2 vols. Berlin-Heidelberg-
New York: Springer

HEMPEL, C. G. (1965) *Aspects of
Scientific Explanation*. New York:
Free Press

NAGEL, ERNEST (1961) *The Structure
of Science*. New York: Harcourt,
Brace & World

POPPER, KARL R. (1959) *The Logic
of Scientific Discovery*. London:
Hutchinson

POPPER, KARL R. (1963) *Conjectures
and Refutations*. London: Rout-
ledge & Kegan Paul

STOLL, R. R. (1961) *Sets, Logic and
Axiomatic Theories*. San Francisco
and London: W. H. Freeman