

Mirko Jakić¹, Franjo Sokolić², Dragan Poljak³

¹ Sveučilište u Splitu, Filozofski fakultet, Sinjska 2, HR–21000 Split

² Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Teslina 12, HR–21000 Split

³ Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, R. Boškovića bb, HR–21000 Split
mirko.jakic@ffst.hr, sokolic@pmfst.hr, dpoljak@fesb.hr

Znanstveno-tehnološki razvoj i problem istine

Sažetak

Prirodoslovna znanost nastoji baviti se fizičkom realnošću koja je neovisna o čovjekovom djelovanju, pa čak i njegovom postojanju. Znanstvena teorija poprima oblik matematičke formulacije koja se odnosi na određene tipove događaja, a iz kojih je moguće dedukcijom predvidjeti specifične događaje. Reduktivna, generalizirajuća tendencija znanosti implicira hod prema suštini prirodnih fenomena, prodiranje ispod tkiva pojavnosti do krajnjih konstituenata tvari, na neki način svodeći biologiju na kemiju, a ovu potom na fiziku. Suvremenim svijetom vlada i ideja o tehnološkom napretku, premda je neizvjesnost u pogledu tehničkih efekata novih tehnologija popraćena s još većom neizvjesnošću u pogledu njenog utjecaja na ljudsko društvo. Na prvi pogled, neminovno se nameće zaključak kako je porast ljudskoga znanja kumulativan i jasno usmjeren prema objektivnoj istini. Dok Popperov falsifikacionizam donekle dopušta postojanje znanstvenog progressa, Kuhnov socijalni relativizam ovoj se ideji u potpunosti suprotstavlja. Neovisno o rezultatima koje je znanost postigla, posebno u vidu tehničkog napretka, pitanje je koliko se ona približava istini. Razvoj suvremene fizike, naročito kroz razvoj kvantne mehanike, doveo je do potpuno novog odnosa prema osnovnim pitanjima filozofije znanosti. Pitanje je nije li nužno napuštanje načela kauzalnosti i lokalnosti. Kauzalnost je napuštena u Kopenhagenskoj interpretaciji, ali je sačuvana u Bohmovoju interpretaciji. Pokusi uz pomoć kojih se provjeravaju Bellove nejednakosti pokazuju nemogućnost izbjegavanja nelokalnosti. Bez obzira na odbijanje Einsteina i drugih velikih znanstvenika da prihvate tu ideju, izgleda da ćemo se morati s njom pomiriti. Kakav je to svijet u kojemu ne vrijedi lokalnost? Što o takvom svijetu uopće možemo reći? To bi značilo da je sve povezano i da sve ovisi o svemu, tj. da moramo napustiti ideju fizikalističkog redukcionizma, na kojemu počiva prirodoslovna znanost, i prihvatiti holizam. Stoga je potrebno promotriti središnje teorijsko-spoznajno pitanje o istini s kritičkoga stajališta suvremene filozofije znanosti, a s obzirom na logički pozitivizam, socijalni relativizam i holizam. Kako tehnologija kao posljedica znanstvenog istraživanja ima ogroman utjecaj na suvremenost, potrebno je ukazati i na utjecaj tehnologije na znanstvenu istinu.

Ključne riječi

razvoj znanosti, porast znanja, Popperov falsifikacionizam, Kuhnov socijalni relativizam, objektivna realnost, pojam istine

Uvod: povijesne korelacije filozofije i znanosti

Znanost, odnosno ono što danas podrazumijevamo pod znanstvenom metodom, postoji nekih četiri stotine godina. Početak sedamnaestog stoljeća donosi novi pogled na svijet koji karakterizira prijelaz s aristotelovske na galilejevsku fiziku. Naime, s Galileom, Descartesom i Newtonom kristalizira se i hijerarhija koncepata, odnosno javlja se ideja da se opis fizikalnog svijeta dade iskazati preko nekoliko osnovnih pojmova zajedno povezanih kvantitativnim zakonima (B. d'Espagnat, USA 2006., [1]).

U ranom devetnaestom stoljeću slijedi povijesni pomak od *prirode pojave* ka *ponašanju pojave*. Ovaj pomak je jasan u klasičnoj fizici, primjerice Fourierovoj teoriji prijenosa topline, s obzirom da je bar u praktičnom smislu očevidno što se misli pod pojmovima *toplje*, odnosno *hladnije*.

Dakle, filozofsko pitanje *zašto* zamijenilo je znanstveno pitanje *kako*. Aristotelovsko-esencijalističko objašnjenje prirodnih pojava povijesno gubi bitku naspram matematičko-prediktivnog pristupa.

Ali kad je nastupila analiza ponašanja entiteta kao što je *kvantno polje*, *metrika zakrivljenih prostora* ili sličnih neuobičajenih pojmova, nije bilo više moguće baviti se ponašanjem ovakvih entiteta, a bez jasnog definiranja.

Konačno, fizika je ipak bila prisiljena barem površinski zagrebatu domenu filozofije.

Usprkos razdoru znanosti i filozofije koji danas osjećamo, ipak postoji istinski most između ove dvije intelektualne discipline. Taj most je epistemologija koja propituje samu prirodu znanja. S druge strane, upravo zatamnjeni horizonti kvantne fizike, svih njenih paradoksa i proturječnosti, na neki su način barem dio znanstvenika vratili na promišljanje filozofskih pojmova, na propitivanje temeljnih načela fizike.

Aristotelovsko-esencijalističko objašnjenje prirodnih pojava povijesno gubi bitku spram matematičko-prediktivnog pristupa. No, jesmo li, s potpunim odbacivanjem aristotelovsko-esencijalističkog objašnjenja prirodnih pojava i usvajanjem matematičko-prediktivnog pristupa, ipak izgubili osjećaj za pitanja o temeljnoj prirodi stvari, uzdajući se isključivo u snagu i efikasnost predikcije prirodnih pojava? Ove kategorije ipak su ograničene, u redukcionističkom smislu, na jedan set kvaliteta. Predviđamo, dakle, jedan vid manifestacije određene prirodne pojave, a o samoj njenoj suštini više ne razmišljamo.

Čak i sam Newton na kraju svog kapitalnog djela *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687.) iskazuje osjećaj nedostatka sadržajnijeg tipa objašnjenja od onog iskazanog jednostavnim matematičkim izrazima za predikciju pojave.

Naime, Newton na kraju svoga djela tvrdi da, iako je dokazao stvarnost gravitacije i njezinih popratnih učinaka primjenom vlastitog, izvorno razvijenog sofisticiranog matematičkog aparata, ne može ni iz daleka objasniti *uzroke* njenih efekata. Drugim riječima, Newton ništa nije mogao kazati o *biti* gravitacije.

Radanje znanstvene metode

Nasuprot aristotelovsko-esencijalističkom pristupu objašnjenja prirodnih pojava tijekom dvaju tisućljeća, u 17. stoljeću uzdiže se *indukcija* Francisa Bacona, kao nova znanstvena paradigma. Naime, Bacon predlaže metodu kojom će znanstvenici razvijati teorije koje će, prema njegovom mišljenju, imati više izgleda pokazati se istinitima od teorija stvorenih drugačijim pristupima (A. O'Hear, 1999., [2]).

Induktivna metoda implicira postupnu izgradnju znanstvene teorije temeljenu na opažanju, te strpljivom prikupljanju i obradi podataka.

U početku se radi samo o prikupljanju podataka uz izostanak bilo kakvih pretpostavki. Obradom podataka detektiraju se onda i određena svojstva promatrane pojave, koja se polako ugrađuju u buduću znanstvenu teoriju. Znanstvena teorija temeljena na dokaznoj građi podvrgava se brojnim provjerama i na određenom stadiju konačno usvaja. Postavlja se pitanje do koje se mjere induktivni proces provodi za danu teoriju?

Evidentni problem proizlazi iz činjenice da dana teorija nikad nema dokaznu građu takvog karaktera, a da bi bila apodiktično konkluzivna.

Štoviše, može se kazati da, iako smo pronašli veliku količinu dokazne građe koja potvrđuje danu hipotezu, ne slijedi da je dana hipoteza istinita, budući da već prvo sljedeće relevantno opažanje može pokazati da je ona upravo neistinita. Tako se razvojem Einsteinove teorije relativnosti pokazalo da Newtonova teorija vrijedi samo za sustave koji se gibaju jedan u odnosu na drugi relativno malim brzinama u odnosu na brzinu svjetlosti.

Uspon klasične fizike

Znanstveni pristup izučavanju prirode u 19. stoljeću jednim dijelom vuče korijene iz filozofskog nasljeđa klasičnog njemačkog idealizma. Prirodna filozofija ranog 19. stoljeća imala je elemente spekulativne znanosti unutar koje je vladalo uvjerenje kako se znanstvene istine mogu deducirati prije iz filozofskih ideja, negoli iz empirijskih podataka prikupljenih promatranjem prirodnog svijeta. Sredinom 19. stoljeća rad brojnih znanstvenika, primjerice Helmholtza, bio je usmjeren ka opovrgavanju ovakvog gledišta.

Tako su istraživanja vida, u kojima je egzaktno pokazao kako osjet vida kreira ideju prostora, Helmholtzu omogućila odbacivanje Kantove teorije prostora. Prostor, prema Helmholtzu, predstavlja naučeni, a ne inherentni, koncept. Nadalje, Helmholtz je također odbacio Kantovo gledište da je prostor nužno trodimenzionalan te tvrdio da se radi o modusu na koji mozak procesira.

Prirodna filozofija koju je razvio Kant osamdesetih godina 18. stoljeća sugerira kako koncepti vremena, prostora, pa i kauzalnosti nisu produkti osjetilnog iskustva već *mentalni atributi* pomoću kojih je moguće percipirati svijet. Dakle, um nikako samo ne ustanovljava red u prirodi, kako empiristi inzistiraju, nego um organizira svijet percepcija tako da je, odražavajući božanski razum, moguće deducirati sustav svijeta iz nekoliko temeljnih principa.

Helmholtz se suprotstavio ovome gledištu inzistirajući na stavu kako cjelokupno znanje dolazi putem osjetila. Nadalje, čitava znanost se može i treba reducirati na zakone klasične mehanike, koja, prema njegovome mišljenju, obuhvaća materiju, silu, a kasnije i energiju, kao čitavu stvarnost.

Vitalisti su, primjerice, bili uvjereni kako je nemoguće reducirati procese u živim organizmima na jednostavne mehaničke zakone fizike i kemije, inzistirajući da je organizam, kao cjelina, više od sume njegovih fizioloških dijelova. Stoga mora postojati neka životna sila koja koordinira fiziološke aktivnosti organa da bi se stvorilo harmonizirano ponašanje organa koje karakterizira živa stvorenja. Takva vitalna sila nije susceptibilna na eksperimentalna istraživanja pa vitalisti onda zaključuju kako istinska eksperimentalna fiziologija nije moguća.

Helmholtz je jasno pokazao da prijenos energije u vidu topline u živim bićima može biti samo produkt mehaničkih sila unutar organizma.

Nakon radova Oersteda, Amperea, Ohma i drugih, Franz Ernest Neumann i Wilhelm Eduard Weber dali su brojna objašnjenja elektromagnetskih pojava koristeći Newtonov radni okvir vezan za djelovanje na daljinu naboja u mirovanju i gibanju (struja). Uz Wilhelma Webera i Helmuta Helmholtza, Franz Ernest Neumann predstavlja jednog od posljednjih velikih teoretičara koji objašnjenja elektromagnetskih pojava traži isključivo u okviru Newtonovog koncepta djelovanja na daljinu.

Weberov zakon zadovoljavao je treći Newtonov zakon i prihvaćen je u Njemačkoj s entuzijazmom, budući da je unificirana teorija objašnjavala

poznate elektromagnetske pojave. Doduše Helmholtz, kao iznimno ugledan znanstvenik svoga vremena, oštro je kritizirao Weberov zakon sile, budući da nije sadržavao zakon konzervacije energije, što je Weber zdušno opovrgavao.

Paralelno s kontinentalnim elektromagnetizmom, razvija se i britanski. Michael Faraday, jedan od najvećih eksperimentalnih fizičara u povijesti, gotovo bez ikakvog poznavanja matematike, a kamoli etabliranih metoda teorijske fizike, godine 1831. otkriva zakon elektromagnetske indukcije, a da ga pri tome nije ni pokušao predstaviti u matematičkoj formi. Faraday postulira postojanje nečega fizičkoga što djeluje između magneta i žice i to nešto on naziva *poljem*. To polje u prostoru stvorilo je nešto što je Faraday nazvao *linijama sile* – *silnicama*. Dakle, magnetska sila nije s magneta direktno, gotovo mistično, poskočila do žice preko prostora, nego je doputovala kroz prostor preko ovih linija sile – silnica (R. Arianrhod, 1999., [3]). Faraday, sanjar iz radničke klase, svoju je ideju polja izrazio običnim jezikom. Uz činjenicu da je ta ideja definitivno značila odmak od Newtona te da Faraday nije imao nikakvo matematičko obrazovanje, ova ideja je od većine suvremenika-znanstvenika odbačena kao neznanstvena. Ipak, Maxwell je mislio drugačije i udahnuo matematičku egzistenciju Faradayevoj ideji (R. Arianrhod, 1999., [3]).

U Kantovoj tradiciji, James Clerk Maxwell, jedan od najvećih fizičara uopće, negdje u vrijeme objavljivanja Darwinovog remek djela *Podrijetlo vrsta* krajem pedesetih godina 19. stoljeća, pisao je kako je naše razumijevanje prirode ograničeno strukturom naših mozgova i da je sama vjera u stvaranje nužna posljedica zakona koji djeluju na fenomen opažanja.

Vrijeme u kojem mladi Maxwell odrasta karakteristično je i za žestoki obračun građanske intelektualne struje s religijom kao institucijom. Crkvenoj dogmi zasigurno je najveći trn u oku bila teorija evolucije Charlesa Darwina (1859.), a osim Darwina, udar na organiziranu religiju definitivno je predstavljao i *Komunistički manifest* Marxa i Engelsa iz prethodne dekade, točnije 1848. godine. Vrijedi napomenuti kako je Maxwell vjerovao u inteligentnog tvorca-boga, ali nikada nije koristio znanstvene argumente u svrhu potkrjepljivanja svoje vjere.

Još Heraklit tvrdi kako su osjetila loši svjedoci, dok su za Platona iskustva samo pojavnosti i sjene istinskoga svijeta ideja koji predstavlja stvarnost. I tako, u Kantovoj maniri, Maxwelllovi pogledi na prirodnu filozofiju favorizirali su stav prema znanosti tek kao deskriptivnoj disciplini.

Znanost, dakle, ne daje krajnju sliku o stvarnosti, nego stvara korisne analogije pomoću kojih možemo aproksimirati realni svijet i razmišljati o našoj percepciji fizikalne stvarnosti.

Poznato je i stanovište Ivana Supeka koji je spoznaju okarakterizirao kao stvaralački čin čovjeka, više nalik na umjetničku sliku nego na realističnu fotografiju.

Iz navedenog se nedvojbeno nameće pitanje: Ima li stoga racionalizam granice?

Kao Newton prije i Einstein poslije njega, Maxwell je u fiziku uveo nove vidove u razmatranju prirodnih fenomena, otvarajući u cijelosti nove konceptualne i praktične obzore, ali isto tako modificirajući i čitav kontingent postojećih i prihvaćenih teorija, te fizikalnih i metafizičkih koncepcija. Naime onoga što će veliki filozof znanosti dvadesetog stoljeća Thomas Kuhn nazvati vladavinom određene paradigme, odnosno razdobljem normalne znanosti (T. S. Kuhn, 1962., [4]). Maxwell je nesumnjivo izazvao jednu od najvećih revolucija u povijesti prirodne filozofije mijenjajući postojeću paradigmu.

Kako bi se u potpunosti sagledao i ispravno valorizirao, opet u Kuhnovom smislu, značaj Maxwellovog djela, dovoljno je naglasiti da konstitutivni elementi današnje vizure fizičkog svijeta čestica i njihovog međudjelovanja s poljima imaju svoje konceptualno utemeljenje u dvama doprinosima Jamesa Clerka Maxwella: kinetičkoj teoriji plinova i teoriji elektromagnetskog polja. Izuzetno je važno naglasiti da razvoj obje ove teorije nije bio motiviran nekim novim eksperimentalnim saznanjima koja se nisu uklapala u postojeću paradigmu, kao što je to bio slučaj s teorijom relativnosti i kvantnom mehanikom. Što se tiče elektromagnetizma, sve činjenice koje su bile poznate u Maxwellovo vrijeme bile su uspješno interpretirane unutar Newtonove paradigme i inkorporirane u teorijski okvir izvanredne prediktivne moći, koja je bila korištena i dalje razvijana sve do Hertzove eksperimentalne verifikacije udarne fizikalne konzekvence Maxwellove teorije, tj. egzistencije elektromagnetskih valova.

Treba istaknuti da Maxwell još od početka nije prihvaćao Weberovu teoriju, ali ne toliko zbog njezinih očitih nedostataka, već puno prije iz uvjerenja da njezina *actio in distans* suština nije zadovoljavajuća. Odnosno, da je put prema istinskoj teoriji pronašao Faraday, u vidu djelovanja posredovanjem medija.

Osnova Kuhnove filozofije znanosti odnosi se na okvir unutar kojega znanstvenici obavljaju svoj svakodnevni posao dotjerivanja važećih znanstvenih teorija. Taj osnovni teorijski okvir unutar kojega znanstvenici određenog doba djeluju, Kuhn naziva *paradigmom*. Paradigma predstavlja prevladavajući skup znanstvenih teorija za objašnjenje i prikaz fizičkog svijeta u danoj epohi, kojeg nedvojbeno određuje i prisutni *Zeitgeist*, *duh vremena* unutar kojega dotični prikaz i nastaje. Vladavinu jedne paradigme Kuhn naziva razdobljem *normalne znanosti*. To je, dakle, stanje u okviru kojeg znanstvenici mirno djeluju unutar dane paradigme. Ta razdoblja normalne znanosti povremeno prekidaju razdoblja revolucionarnih previranja koja rezultiraju promjenom postojeće paradigme.

Usvajanjem nove paradigme od strane znanstvene zajednice započinje novi period normalne znanosti. Maxwellova teorija polja kao stvarnog fizičkog entiteta promijenila je paradigmu djelovanja na daljinu.

Napuštanje Weberovih teorijskih koncepata, načela djelovanja na daljinu i trijumf koncepta polja uklapa se u filozofiju Thomasa Kuhna i njegovu vizuru znanosti kroz svojevrsni pandan darvinističkoj, biološkoj evoluciji. Razvijajući svaki u svome vremenu svoju teoriju elektromagnetizma, Weber i Maxwell imali su u glavi drugačije pojmove, a Maxwellov pristup na koncu je prevagnuo kao prihvatljiviji opis stvarnosti.

Struktura ovih znanstvenih revolucija, prema Kuhnu, nema uvijek racionalno utemeljenje i nije pravocrtni niti konvergentni proces, već je puno više nalik na Darwinovu teoriju evolucije u smislu preživljavanja najprilagođenijih.

Nakon Maxwella, rad Hendrika A. Lorentza anticipira sve esencijalne konture buduće teorije elektrona: separaciju etera od materije, ideju elektromagnetske sprege među njima i fokusiranje na mikroskopske procese. Drugim riječima, Lorentzov rad, premda usvaja Maxwellov pogled na makroskopsko modificiranje jednadžbi polja, otkriva i nepobitnu opstojnost vjere u molekularni koncept.

Osim velikog napretka u fizici, Lorentzov rad nije propustio ostaviti i jednu dublju brazdu u filozofiji znanosti, korelirajući svijet mikroskopskih efekata s makroskopskim pristupom (M. Frisch, 2005., [5]). Ontologija standardne mikroskopske klasične elektrodinamike sastoji se od dva temeljna entiteta: mi-

kroskopskih nabijenih čestica, koje se smatraju točkastim česticama, i elektromagnetskih polja, s jedne strane, te pripadne teorije koja opisuje način na koji pojavnosti čestica i polja međusobno determiniraju jedno drugo. Temeljni zakoni teorije kojom se opisuju interakcije između nabijene čestice i polja su četiri Maxwellove jednadžbe i jednadžba za Lorentzovu silu. Ovaj skup od pet jednadžbi, koje neki autori nazivaju *Maxwell-Lorentzovim jednadžbama*, predstavljaju mikroskopske temelje za Maxwellovu elektrodinamiku razvijenu u 19. stoljeću, a koja izvorno predstavlja makroskopsku teoriju (R. Arianrhod, 1999., [4]). Standardni suvremeni udžbenici elektromagnetizma općenito uvode i obrađuju oba pristupa, mikroskopsku teoriju, te jednu suvremenu inačicu makroskopske teorije.

Početak 20. stoljeća Lorentz postaje svjestan kako se je pokazala granica koju klasična elektrodinamika nije u mogućnosti prijeći i da će tu ulogu ipak preuzeti kvantna teorija atoma s kojom će krenuti Niels Bohr gotovo dva desetljeća nakon otkrića Zeemanova efekta.

Što se tiče dodira s Einsteinovim radom, Lorentz razmatra niz pojmova koje će koristiti i Einstein u svojoj specijalnoj teoriji relativnosti (STR), poput relativnosti istovremenosti, dilatacije vremena i kontrakcije duljine. Vrijedi istaknuti da je, za razliku od Einsteina, Lorentz razmatrao kontrakciju kao dinamički, a ne kinematički efekt. Ipak, bitne poveznice kod Lorentza su izostale.

Hendrik Lorentz je tako doradio ono što je iza Maxwella ostalo nedovršeno i zaputio se dalje. Tamo gdje je posustao, nastavio je Einstein i postao jedan od najvećih, ako ne i najveći znanstvenik uopće.

Tehnološki napredak i pojam istine

Dosezi klasične fizike u 19. stoljeću omogućili su, dotad u povijesti nezabilježen, tehnološki napredak zapadne civilizacije. Postavlja se pitanje je li tehnološki razvoj na krilima znanosti dovoljan pokazatelj ili možda sasvim čvrst dokaz da je znanost u svojoj *biti* istinita?

U okviru logičkog pozitivizma, Ernst Mach i pozitivisti Bečkog kruga vjerovali su da su teorije samo sustavi kvantitativnih odnosa među mjerljivim fenomenima te kako one ne ukazuju put k nekoj fundamentalnoj istini o prirodi. Heroj kvantne mehanike Niels Bohr jasno je tvrdio da je pogrešno misliti kako je zadaća fizike shvatiti kakva priroda jest, budući da, prema njemu, fizika propituje ono što o prirodi možemo reći (D. Lindley, 2007., [6]). Karl Popper pobija postojanje univerzalne teorije, s obzirom da ona ne može biti konkluzivno dokazana u induktivnom smislu. Znanost, dakle, ne daje krajnju sliku o stvarnosti, nego djeluje, na neki način, stvarajući korisne analogije pomoću kojih možemo aproksimirati realni svijet i razmišljati o našoj percepciji fizikalne stvarnosti.

Nadalje, dok su za pozitiviste stare teorije jednostavno specijalni slučajevi novih teorija, a specijalne teorije nisu u konfliktu s općenitim teorijama, za Kuhna se stare teorije u potpunosti zamjenjuju novim teorijama koje su u punom smislu riječi *nove*. Drugim riječima, znanost nije kumulativna. Progres, na taj način, nije za Kuhna usmjeren prema istini ili bilo čemu drugom, prije je to napredak *od nečega* u skladu s prethodno iznesenom analogijom s Darwinovom teorijom evolucije.

Nema, dakle, konačnog cilja u znanosti, nju jednostavno nosi struja od jedne anomalijom vođene paradigme, do druge koja je empirijski točnija, obuhvatnija, ili već nešto slično. Kuhn pri tome rado navodi analogiju vezanu uz bio-

lošku evoluciju: vrste se u okviru Darwinove evolucije prilagođavaju svom okolišu i u tom smislu postoji napredak, ali nema idealnog oblika kojemu vrste teže.

Prema Kuhnu, jedna znanstvena teorija je bolja od druge isključivo po mogućnosti rješavanja izabranog problema u okviru prihvaćene paradigmatičke sheme, odnosno klase problema koji su u danom trenutku znanstvenoj zajednici, ili u širem kontekstu društvu, od interesa. Bilo koji skup podataka tako se može uklapati u mnogo različitih teorija. U odlučivanju između tih brojnih teorija moramo prosuđivati koje od njih posjeduju eleganciju, konzistentnost i univerzalnost koje ih čine vrijednima prihvaćanja od strane akademske zajednice.

Tako je primjerice Faraday-Maxwellov koncept polja prevagnuo u odnosu na pojam djelovanja na daljinu, a Newtonova teorija gravitacije primat je prepuštala Einsteinovoj teoriji relativnosti.

Znanost kakvu poznajemo stara je tek četiri stoljeća, a suvremenim svijetom uvelike dominira ideja vodilja o tehničkom napretku koji lagano preuzima konce, čak i u umjetnosti. Možda je za ukus klasičnog znanstvenika Kuhnova teza preradikalna, možda je zamah relativizma i sociologizma koju njegova filozofija neminovno donosi kao popratni efekt, čak i opasan, možda sveukupna bilanca neželjenih posljedica i nije previše prihvatljiva, ali Kuhn ipak tjera na razmišljanje i kritičko propitivanje relevantnih znanstvenih teorija te budi znanstvenike iz drijemeža i ugodnog baškarenja u poziciji izabrane elite. Znanost nipošto, za njeno dobro, ne smije postati neupitni dogmatični sustav koji ne podliježe filozofskom promišljanju i kritici. Upravo na takve opasnosti ukazuje Lee Smolin (L. Smolin, 2006., [7]), s obzirom na mogućnost pretvaranja teorije struna u svojevrsnu dogmu u suvremenoj fizici.

Pojam istine u suvremenoj fizici

Svjedoci smo velikog znanstvenog i tehnološkog razvoja suvremene civilizacije. Znači li to istovremeno i da smo se stvarno približili konačnom odgovoru na pitanje o prirodi stvari? Ma koliko to neobično zvučalo, stječe se dojam da nas je znanost XX. stoljeća donekle čak i pomalo udaljila od toga odgovora. Drugim riječima, izgubili smo iluziju da ćemo ikad doći do definitivne istine o realnosti svijeta. Rezimirajmo ukratko, na primjeru povijesti fizike, kako se naša predodžba o svijetu mijenjala.

U staroj Grčkoj pojavila su se prva racionalna razmišljanja o svijetu i prirodnim pojavama. Objasniti neki fenomen značilo je odgovoriti na pitanje: Zašto je to tako? Aristotelova fizika, koja je dominirala europskom i arapskom civilizacijom punih 2000 godina, ne pruža mogućnost primjene za konstrukciju konkretnih naprava. Tek je u renesansi, radovima Galileia i Newtona, prevladana ta razina poimanja svijeta. Dva su osnovna elementa po kojima se mehanika Galileia i Newtona razlikuje od Aristotelove mehanike. Prvi je uvođenje eksperimentalnog načina istraživanja, a drugi korištenje matematičkog formalizma. Istovremeno je trebalo napraviti veliki kompromis u spoznajnom smislu. Umjesto da se traži odgovor na pitanje: Zašto?, trebalo se zadovoljiti odgovorom na pitanje: Kako? Newton je dao matematički opis zakona opće gravitacije i pomoću njega izveo Keplerove zakone, međutim on nije dao razlog zašto se dvije mase privlače gravitacijskom silom, tj. što je njezin uzrok. Izgledalo je da, ako se ograničimo na pitanje kako se stvari događaju, a ne zašto, onda nam Newtonova fizika daje definitivan i potpun opis prirode. Tu idiličnu sliku narušila je spoznaja o postojanju elektromagnetskih fenomena

koji se nisu uklapali u Newtonovu sliku svijeta. Formuliranjem Maxwellovih jednadžbi znatno je proširena domena primjenjivosti fizikalnih načela na prirodne fenomene. Naime, velikim ujedinjenjem elektriciteta, magnetizma i svjetlosti došlo se do iluzije da su otkriveni svi fundamentalni principi nužni za razumijevanje svijeta.

Suočavanjem mehanike i elektrodinamike uočen je vrlo značajni problem, a to je da su one invarijantne s obzirom na različite transformacije. Primjerice, jednadžbe mehanike i elektrodinamike ne mijenjaju se promjenom smjera strijele vremena. Kako bi opisali fizikalne događaje, moramo koristiti neki referentni sustav s obzirom na koji ćemo nekom događaju pripisati vremensku i prostorne koordinate. To u sebi uključuje i postojanje sprava kojima ćemo te veličine mjeriti, ravnala (metara) i satova. Hoćemo li pri tome u različitim referentnim sustavima vidjeti stvari na isti ili na različit način? Odnose li se transformacije samo na prostorni dio, kao što su translacije ili rotacije, jasno je da to neće ništa promijeniti. Prostor je homogen i izotropan, jednak u svim svojim točkama i smjerovima. Što se događa ako se dva referentna sustava gibaju nekom proizvoljnom brzinom jedan s obzirom na drugi? Već je Galileo odgovorio na to pitanje svojim načelom relativnosti koje glasi: mehanički fenomeni identični su za različite promatrače samo u slučaju kad je njihova relativna brzina po iznosu i po smjeru konstantna u vremenu. U tom slučaju položaji tijela i njihove brzine različite su u raznim referentnim sustavima, ali ne i relativne udaljenosti i relativne brzine dvaju tijela. To je bit Galilejevih transformacija. Budući se u Newtonovoj jednadžbi gibanja

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (1)$$

gdje \mathbf{F} predstavlja silu koja masi m daje ubrzanje \mathbf{a} , pojavljuju sile, koje ovise samo o udaljenosti među tijelima, te akceleracije, koje ovise o razlikama brzina, mehanika je invarijantna na te transformacije.

U Maxwellovim jednadžbama pojavljuje se jedna apsolutna konstanta, a to je brzina svjetlosti u vakuumu. Smatralo se da je to brzina svjetlosti s obzirom na apsolutni sustav u kojem svjetlosni eter miruje. Svjetlosni eter zamišljena je tvar u kojoj se šire elektromagnetski (EM) valovi, budući da se transversalni valovi mogu širiti samo u nekom mediju, koje ima određena elastična svojstva. Nažalost, svi pokušaji (Michelson, 1981., [8]; Michelson, Morley, 1987., [9] i ostali) dokazivanja postojanja etera bili su bezuspješni. Einstein je 1905. razriješio problem odbacujući ideju etera i apsolutnog prostora, tako što je pretpostavio da se svjetlost u vakuumu širi istom brzinom u svim inercijalnim sustavima. Stoga je trebalo uvesti nove, Lorentzove transformacije, s obzirom na koje su Maxwellove jednadžbe invarijantne.

Lorentzove transformacije povezuju prostorne i vremenske koordinate, tako dobivamo četvero-dimenzionalan prostor-vrijeme. Posljedica toga je da, za različite promatrače, više nemamo iste udaljenosti između dviju točaka u prostoru i jednake vremenske intervale između dva događaja. Ono što je jednako za sve relativističke promatrače je interval između dva događaja u prostor-vremenu, koji je definiran izrazom:

$$s^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - (ct)^2 \quad (2)$$

gdje su (x_i, y_i, z_i) koordinate prostorne točke i , dok je c brzina svjetlosti.

Izraz (2) definira sasvim drugu geometriju od euklidske na koju smo naviknuti. To je posljedica činjenice da se prostorne i vremenske koordinate ne pojavljuju s istim predznakom, kao što je to slučaj s euklidskom metrikom. Ovaj interval pozitivan je za događaje koji ne mogu biti kauzalno povezani

jer svjetlosni signal nije imao dovoljno vremena putovati od jedne do druge točke prostora. Relacija

$$s^2 = 0 \quad (3)$$

definira svjetlosni konus, na kojem se nalaze točke (r, t) do kojih je došao svjetlosni signal poslan iz ishodišta u trenutku $t = 0$. Za objekte koji se kreću po tom konusu vrijeme uopće ne teče. To mogu postići samo čestice bez mase mirovanja, kao što su fotoni. Unutar tog konusa $s^2 < 0$ događaji mogu biti kauzalno povezani s događajem u ishodištu. Ako je sadašnjost u $t = 0$, oni događaji koji odgovaraju pozitivnom vremenu predstavljaju budućnost, a negativnom vremenu – prošlost. No, ti pojmovi nisu univerzalno važeći za sve promatrače, tako da svaki od njih ima svoju sadašnjost, budućnost i prošlost.

Ovakva slika prostora i vremena potpuno je različita od naše intuitivne predodžbe. U specijalnoj teoriji relativnosti prostor-vrijeme je entitet koji se pri prijelazu iz jednog inercijalnog sustava u drugi transformira tako da jednadžbe fizike ostaju iste. Ono što ga određuje su zakoni prirode i njihovi zakoni simetrije. Obično se kaže suprotno, svojstva prostora, homogenost i izotropnost impliciraju zakon očuvanja količine gibanja i kutne količine gibanja, a činjenica da su svi vremenski trenuci međusobno ekvivalentni odgovorna je za očuvanje energije. U prostor-vremenu sačuvana je masa-energija, koje su povezane relacijom

$$E = \gamma mc^2 \quad (4)$$

gdje je $\gamma = 1/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ relativistički faktor, a v brzina tijela. Ovaj izraz ovisi o sustavu u kojem promatramo gibanje i samo u sustavu u kojem tijelo miruje vrijedi $E = mc^2$. Energija i masa duboko su povezane do stupnja prema kojem većina fizičara smatra da među njima nema nikakve razlike (L. Okun, 2009., [10]).

Naš zor je pri tom potpuno izgubljen. Matematičkim relacijama više ne možemo pridružiti neko konzistentno uzročno-posljedično objašnjenje. Došlo je do potpunog raskoraka između onoga što možemo reći našim svakodnevnim jezikom i onoga što u sebi sadrži matematički formalizam.

Ta su se dva svijeta još drastičnije razišla na primjeru kvantne mehanike. U ovom slučaju je važno naglasiti razliku između matematičkog aspekta teorije i njezine interpretacije. Matematika nam osigurava dosljedno izvođenje zaključaka iz određenih premisa. Međutim, dobivenim rezultatima moramo dati fizikalni smisao. To je u klasičnoj teoriji direktno i jednoznačno. U kvantnoj teoriji postoje razne interpretacije (npr. Kopenhagenska, Bohmova, višestrukih svjetova itd.), koje odgovaraju istom matematičkom formalizmu. Koju ćemo interpretaciju prihvatiti, ovisi djelomično i o neznanstvenim razlozima. Danas se na prirodoslovnim fakultetima izučava isključivo Kopenhagenska interpretacija, neovisno o tome što ona ima značajnih nedostataka. To je uglavnom posljedica povijesnog razvoja kvantne teorije. Bez obzira na ogromna neslaganja među samim stvarateljima te teorije (Bohr, Heisenberg, Born, Schroedinger), uspjela se je nametnuti jedna interpretacija. Njezina osnovna karakteristika je što ona opovrgava princip kauzalnosti, koji je osnovni metafizički princip znanosti. Znanost traži uzroke zbog kojih se nešto dogodilo. Kopenhagenska interpretacija kaže da nema razloga zašto se dogodilo upravo ovo, a ne nešto drugo, već se to događa potpuno slučajno. Kvantna interpretacija koja daje uzroke naziva se teorijom *skrivenih varijabli*. Takvu teoriju promovirao je Einstein, a jednu njezinu (nelokalnu) inačicu razradio je David Bohm. Skrivena varijabla je ona koja nije dostupna našem direktnom mjerenju, ali je ključna za uspostavljanje uzročno-posljedične sveze između

naših opažanja. Kada bi postojale skrivene varijable, to bi značilo da kvantno-mehanički opis stvarnosti ne bi bio potpun. Na tome su inzistirali Einstein i njegovi suradnici u njihovom slavnom radu iz 1935. (A. Einstein et al. 1935., [11]). U svom zamišljenom (njem. *gedanken*) eksperimentu oni su govorili o mjerenju položaja i brzine dviju čestica, no danas je puno popularnija inačica u kojoj se mjeri njihov spin. Tu inačicu predložio je David Bohm (D. Bohm, 1951., [12]), tako da se govori o Einstein-Podolsky-Rozen-Bohm paradoksu. Radi se o tome da su dvije čestice, fotoni ili elektroni, opisani istom valnom funkcijom, međusobno spregnuti (engl. *entangled*). Schroedingerova jednadžba opisuje normalnu vremensku evoluciju valne funkcije sve dok se ne izvrši mjerenje. Pri mjerenju dolazi do redukcije valnog paketa, no taj čin nije opisan matematičkim formalizmom. Kopenhagenska interpretacija kaže da se pri tom valna funkcija projicira na jedno od vlastitih stanja operatora pridruženog mjerenju veličini. Na primjeru mjerenja položaja to znači sljedeće: ako se radi o slobodnoj čestici, tada se valna funkcija širi s vremenom po čitavom prostoru u obliku sfernog vala. Pri mjerenju njezinog položaja ona je lokalizirana u jednoj točki, s vjerojatnošću koja je proporcionalna kvadratu apsolutne vrijednosti valne funkcije u toj točki. U slučaju dvije čestice koje imaju neko zajedničko svojstvo, npr. da im je ukupni spin jednak nula, do projekcije valnog paketa postoje dvije mogućnosti: da prva čestica ima spin orijentiran prema gore, a druga prema dolje, ili suprotno, prva dolje, a druga gore. Prema Kopenhagenskoj interpretaciji, do odluke dolazi tek u trenutku mjerenja. U tom trenutku se jedna čestica »odluči« koju će orijentaciju zauzeti, a u istom trenutku druga čestica zauzme suprotnu orijentaciju. To se događa trenutačno, ma koliko te čestice bile udaljene jedna od druge. Logično je postaviti pitanje: Kako je to moguće, ako ne postoji nikakva sila među njima? To je naprosto posljedica kvantno-mehaničke sprege, koja nije uzrokovana nikakvom mehaničkom vezom. Što ih povezuje i kako je moguće trenutačno ostvarenje te redukcije, neovisno o udaljenosti? Očevidno te dvije čestice čine jedan kvantno-mehanički objekt koji može biti rasprostrt na ogromnom prostoru. Postoji jedna dubinska povezanost među spregnutim elementima na koju udaljenost nema utjecaja. Vrijedi načelo holizma, koje kaže da stvari mogu biti povezane čak i kad su daleko jedna od druge. Ne vrijedi princip lokalnosti koji kaže da na objekt u danoj točki utječe samo ono što je u toj istoj točki, putem sudara ili polja. Gdje je granica te sveopće povezanosti? Moramo li zbog toga promijeniti naš svjetonazor? Je li time narušen princip teorije relativnosti koji kaže da se ništa ne može širiti brže od svjetlosti?

Skrivene varijable mogu biti lokalne ili nelokalne. Nelokalnost znači da dva objekta, koja su proizvoljno udaljena jedan od drugog, mogu trenutačno, odnosno brzinom većom od brzine svjetlosti, znati što se s onim drugim događa. To je upravo ono na što je ukazao Einstein sa svojim suradnicima 1935. godine (A. Einstein et al., 1935., [11]). Oni su to iznijeli kao nelogičan rezultat, a danas je to potvrđeno eksperimentom. Naime, suvremeni eksperimenti (W. Tittel, 1998., [13]) preko Bellovih nejednakosti (J. Bell, 1987., [14]) pokazuju da lokalne interpretacije nisu ispravne.

Jedno od osnovnih načela klasične znanosti je princip redukcionizma. Taj pojam označava filozofijsko stajalište prema kojemu se svako objašnjenje mora svesti na elementarne pojmove, kao što su *atom*, *položaj*, *brzina*, *sila*, *energija*... Oni su pridruženi određenom mjestu i trenutku. Čak i kad imamo nelokalan pojam, kao što je pojam *polja*, međudjelovanje koje ono uzrokuje je potpuno lokalno, ono je vezano za položaj tijela. Redukcionizam je ideja vodilja klasične fizike u smislu da, ako znamo osnovne konstituente materije

i njihovo međudjelovanje, sve drugo proizlazi jednoznačno iz toga. Nasuprot tome, holizam predstavlja stajalište da je sve međusobno povezano i ne može se raščlaniti na sastavne dijelove, a da pri tome ne izgubi svoju bit. Sveza među sastavnim dijelovima stvara novu kvalitetu, na višoj razini. Izgleda da se upravo to događa u kvantno-mehaničkim sustavima. Dapače, da je upravo to glavni izvor njihove neobičnosti, glavna prepreka da ih razumijemo, budući da ih ne uspijevamo reducirati na elementarna ponašanja. To se događa sa svim kvantnim sustavima koji imaju više od jednog elementa. Npr. u slučaju neutralnog atoma helija (He), njegova dva elektrona čine jedan kvantni objekt. Pri interakciji s elektromagnetskim zračenjem ne mijenja se stanje pojedinog elektrona (elektronska konfiguracija), nego globalno stanje (spektralni term). To znači da se pri elektronskom prijelazu mijenjaju globalna obilježja sustava, dok individualna nisu uopće definirana. Kutna količina gibanja pojedinog elektrona nije očuvana, ali je očuvana kutna količina gibanja cjelokupnog elektronskog oblaka. Pri apsorpciji ili emisiji fotona upravo će se ta ukupna kutna količina gibanja promijeniti za iznos kutne količine gibanja fotona (zakon očuvanja kutne količine gibanja). Prema tome, elektroni su izgubili svoju individualnost i postali Fermijev fluid (zadovoljavaju Fermi-Diracovu statistiku). Taj fluid nije sastavljen od dijelova. Ovaj primjer vjerojatno ne djeluje kao nešto izvan pameti jer se radi o objektima lokaliziranim na maloj udaljenosti, između kojih postoji jako međudjelovanje. U slučaju EPR paradoksa imamo objekte koji mogu biti proizvoljno udaljeni jedan od drugog i da nema nikakve interakcije među njima (npr. fotoni), a da su ipak potpuno korelirani – spregnuti.

Ono što jasno dolazi do izražaja kod kvantne fizike je razlika između matematičkog formalizma i interpretacije. Nešto slično postoji i u društvenim znanostima, a to je razlika između činjenica i interpretacije, tj. davanje smisla slijedu činjenica i načinu njihove prezentacije. Analogija nije potpuna, jer svijet matematičkih formula nije vanjski realni svijet, nego posrednik između nas i toga vanjskoga svijeta. Bez obzira na činjenicu što uloga matematičkog formalizma nije općenito do kraja jasna u spoznajnom smislu, u kvantnoj fizici ne dovodi se u pitanje njezina matematička formulacija. Ono što jest upitno odnosi se na smisao koji treba pridružiti matematičkim rezultatima. Kvantna teorija daje rezultate koji su u nevjerojatno dobrom slaganju s eksperimentom. Nijedna druga teorija nije bila provjerena s tako velikom preciznošću. Međutim, formulama treba dati smisao, izražen našim standardnim jezikom. Tu dolazi do problema. Ono što izgleda da se događa uopće nije izrecivo u terminima standardnih pojmova. U stvari, tu dolaze do izražaja različite interpretacije. Njih ima više i svaka je na svoj način egzotična. Zadržimo se na dvije, Kopenhagenskoj i Bohmovoju. Kopenhagenska interpretacija je standardna i isključivo nju se uči na nastavi kvantne fizike. Razvili su je stvaraoci kvantne teorije Bohr, Heisenberg, von Neuman, Born, ... a glavni protivnik joj je bio Einstein. Ona kaže da je evolucija valne funkcije dana Schroedingerovom valnom jednadžbom, dok je čin mjerenja nešto izvanjsko, što se ne podvrgava nikakvim jednadžbama. Pri mjerenju dolazi do kolapsa valne funkcije, odnosno redukcije valnog paketa, što je najproblematičniji element čitave konstrukcije. Od svih mogućnosti koje stoje na raspolaganju danom sustavu, činom mjerenja on se projicira na jedno moguće stanje.

Već je 1927. (Solway Conference, [15]) Louis de Broglie predložio, a David Bohm 1952. (D. Bohm, 1952., [16]) razradio alternativnu interpretaciju. Ona se sastoji u tome da čestica zadržava svoju individualnost, ali joj je istovremeno pridružen val pilot. Dok u Kopenhagenskoj interpretaciji nema pojma *trajektorije čestice*, u Bohmovoju ona postoji, ali istovremeno val pilot ispituje sve druge mogućnosti. Time je sačuvana kauzalnost, ali je istovremeno

uvarena nelokalnost, jer nelokalni kvantni potencijal »zna« što se događa u točkama koje su daleko od same čestice. Npr. pri Youngovom pokusu na dvije pukotine, elektron uvijek prolazi kroz jednu od njih, ali pri tome »zna« je li druga otvorena ili nije.

Zašto je Kopenhagenska interpretacija dominantna? Prvo, ona je nastala u isto vrijeme sa samom kvantnom fizikom, sve druge konzistentne interpretacije nastale su kasnije. Tako da su se udžbenici kvantne fizike nastavili pisati po uzoru na prve udžbenike, uz korištenje Kopenhagenske interpretacije. Sada je to postala tradicija koju je teško promijeniti. Mora se priznati da su druge interpretacije vrlo ekstravagantne, npr. interpretacija paralelnih svjetova koja tvrdi da se sve mogućnosti uvijek realiziraju, ali u paralelnim svjetovima koji međusobno ne komuniciraju.

Što možemo zaključiti iz ovog primjera? Budući da postoji više od jedne interpretacije, ne postoji definitivan stav o nekim fundamentalnim principima, kao npr. oko kauzalnosti. S druge strane, postoje elementi koji su prisutni u svim interpretacijama, a to je pitanje *nelokalnosti*.

Konačno, možemo zaključiti da je odnos suvremene fizike prema pitanju istine i vanjske realnosti vrlo kompleksan. Tome je značajno doprinijela kvantna mehanika. Od vrlo bogate literature na tu temu, istaknuli bismo barem jednu [1], koja se ističe vrlo pomnom analizom relevantnih pojmova. Opći je dojam da cjelokupno područje tek očekuju najznačajniji doprinosi, jer je sadašnja situacija nezadovoljavajuća, po ocjeni većine aktivnih sudionika u raspravi o osnovama našeg poimanja svijeta. U spoznajnom smislu posljednji veliki doprinos bio je onaj Johna Bella (J. Bell, 1987., [14]), no interes za ta pitanja i broj publikacija iz toga područja stalno rastu, pa možemo biti optimisti.

Filozofijske posljedice

S obzirom na sve do sada izloženo, naznačimo zaključno nešto detaljnije neke moguće filozofijske posljedice. Pri tom mislimo kako je uputno najprije ukazati na složenost međusobnih odnosa filozofije i razvijene prirodne znanosti.

Znanost u svom teorijskom izričaju izvjesno izaziva ili potvrđuje određena filozofijska stajališta. Tako su npr. u Einsteinovu prostor-vremenu masa i energija povezane međusobnom relacijom očuvanja. Jednadžbe mehanike i elektrodinamike invarijantne su s obzirom na različite transformacije između referentnih prostor-vrijeme sustava. Načelo očuvanja temeljno je načelo paradigmatičkih dijelova suvremene fizike. No ujedno je i jedno od temeljnih, međusobno suprotstavljenih, filozofijskih načela. Naime, načelo prema kojemu iz ničega ne može nastati nešto u stalnoj je suprotstavljenosti s načelom stvaranja iz ničega (*creatio-ex-nihilo*). Odnosno, načelo prema kojemu nešto ne može preći u ništa, filozofijski je suprotstavljeno načelu prema kojemu iz ničega nastaje sve. Nadalje, filozofijsko esencijalističko (Aristotel) pitanje o uzroku u stalnoj je metodologijskoj i spoznajnoj korelaciji s filozofijskim deskriptivnim (Kant) pitanjem o načinu. Međusoban odnos ovih spoznajnih pitanja upravo je problem suvremene znanosti. Rezultati fizikalnih istraživanja u cijelosti su uzdrnali klasično naučavanje o apsolutnosti (Newton) i apriornosti (Kant) prostora i vremena, ali su istodobno istaknuli problem racionalne prihvatljivosti mogućih fizikalnih interpretacija. Ovaj problem u svom filozofijskom određenju vodi ka središnjem spoznajnom pitanju. Pitanju o istini. Naime, filozofijski pojam istine u svim svojim inačicama određen je poimanjem realnosti s različitim teorijskih stajališta. Ova stajališta mogu biti

utemeljena, kako iz metafizičko-ontologijskih *priusa* tako i iz promatranjem i pokusima provjerljivih *hipoteza*. Realnost (svijet koji nastanjujemo), u povijesnom hodu čovječanstva presuđuje u korist, ili na štetu, različitih teorijskih stajališta i to bez obzira radi li se o spekulativnim filozofskim sustavima ili o teorijama suvremenih razvijenih znanstvenih disciplina. No argument povijesnoga razrješenja nije ni zadovoljavajuće rješenje niti odgovor na pitanje o istini. U teorijsko-spoznajnom smislu na pitanje o istinitosti pojedinog referentnog teorijskog stajališta odgovaraju *činjenice* svijeta kojega nastanjujemo i kojega smo samo maleni dio. No pitanje o činjenicama ujedno je i pitanje o njihovom teorijskom opisu i dedukciji posljedica istog. Odgovori na ova pitanja jedno su od mjesta susreta znanosti i filozofije. Posebice u okvirima suvremene filozofije znanosti. Ali, ni suvremena filozofija znanosti nije u sebi neprijeporan teorijski izričaj. Npr. Popperov metodologijski *falsifikacionistički* prijedlog umnogome se razlikuje od Kuhnove metodologije. No, u odnosu na presudnost uloge teorijski interpretiranih činjenica pri odgovoru na pitanje o istini, obojica teoretičara odgovaraju na sličan način. Popper uvodi *istinolikost*, a Kuhn *objašnjujuću moć* teorija. Utoliko se tijekom povijesnoga vremena smjenjuju teorije po mjerilima većeg stupnja istinolikosti ili veće interpretativne objašnjujuće moći u odnosu na istinu o činjenicama svijeta kojega nastanjujemo.

Spoznajna pretpostavka svake razvijene znanstvene discipline je realizam u odnosu na činjenice koje ispituje. Odnosno, to je tvrdnja o postojanju teorijama i artefaktima nekontaminiranih podataka do kojih smo došli promatranjem i pokusima. Suvremeni razvoj tehnologije, tehnološka posljedica razvoja znanosti, daje »višestruke« rezultate. Snažni teleskopi i elektronski mikroskopi podržani moćnim računalima omogućuju uvid u činjenice udaljene milijunima svjetlosnih godina, kao i u činjenice mjerljive mikronima. Tvrdnja znanstvenog realizma u odnosu na ovako dobivene činjenice osigurana je velikim brojem ponovljenih promatranja i pokusa. Na iste primijenjen matematički formalizam određuje teorijske, logički deduktivno nužne posljedice. Npr. matematički formalizam, uporabljen pri interpretaciji činjenica *makrokozmosa* u okvirima teorije relativnosti, pokazuje da u svjetlosnom konusu fotonima vrijeme uopće ne teče.

Pokusni rezultati uporabljeni za interpretaciju činjenica *mikrokozmosa* u okvirima kvantne fizike potvrđuju da dva objekta, proizvoljno udaljena jedan od drugoga, mogu trenutačno, brzinom većom od brzine svjetlosti, »znati« što se s onim drugim događa. Čestice su doslovno promatrane i ne radi se o zaključivanju iz makroposljedica na mikrouzroke. U trenutku mjerenja, čestice »odluče« o obilježju kojega će poprimiti. Kopenhagenska interpretacija ističe ulogu tehnološkog instrumenta pri mjerenju. Evolucija valne funkcije dana je Shroedingerovom valnom jednadžbom, a tehnološka intervencija dovodi do kolapsa valne funkcije. Činom mjerenja dolazi do redukcije valnog paketa te se sve mogućnosti mjerenoga sustava projiciraju na jedno moguće stanje. Ova interpretacija isključuje pitanje o kauzalnosti zadržavši opis stanja sustava ograničen tehnološkim instrumentom mjerenja. Bohmova interpretacija zadržava granicu tehnološke intervencije u mjereni sustav, ali uključuje kauzalnost. Čestica zadržava individualnost, ali joj je pridružen val-pilot. Individualnost je osigurana uz pomoć putanje (trajektorija) čestice, no val-pilot ispituje sve druge mogućnosti. Tako elektron uvijek prolazi kroz jednu pukotinu, ali »zna« je li druga otvorena ili nije. Nelokalni kvantni potencijal »zna« što se događa daleko od lokalnog mjesta samog događaja.

Filozofijski, ove dvije interpretacije zadiru kako u teorijsko-spoznajni tako i u ontologijski vid problematike. Teorijsko-spoznajna subjekt-objekt relacija, odnos uma i realnosti, posredovan je mjernim instrumentom. Prvi (kopenha-

genški) opis stanja stvari »žrtvuje« ontologijsku individualnost bića u korist lokalnosti događaja. No, pri tom briše granicu odnosa uma i realnosti usvojivši spoznajni značaj intervencije mjernog instrumenta. Opis je »objektivan« i lokalan, ali mu nedostaje uzrok. Drugi (Bohmov) opis stanja stvari »žrtvuje« lokalnost događaja u korist ontologijske individualnosti bića. Zadržava nejasnost granice i spoznajni značaj instrumenta. Opis je »objektivan« i uzročan, ali mu nedostaje lokalnost.

Dakle, problem se filozofijski sastoji poglavito u tome što se pri pokušaju suvisle interpretacije činjenica radi o izričajima koji krše naše »intuitivne« spoznajne pretpostavke. Bilo da se radi o esencijalistički uzročnom određenju, bilo o deskriptivnom prostor-vrijeme određenju, ili o ontologijski lokalnom određenju. Odnosno, problem je zasigurno u uskoj svezi s problemom prihvatljivosti s obzirom na intuitivno pretpostavljenu racionalnost. Drugačije rečeno, filozofijski, problem je u uskoj svezi s pitanjem: Na što smo spremni pristati u smislu »žrtvovanja« dijela naših intuitivno određenih spoznajnih pretpostavki u odnosu na racionalnost interpretacije činjenica, a da ne završimo u spoznajnom skepticizmu, te posljedično u znanstvenom antirealizmu?

Deskriptivna, kopenhagenska interpretacija, logički nužno vodi ka tvrdnji o nespoznatljivosti uzroka ponašanja bića preko njihove ontologijske nezahvatljivosti. Spoznajna i ontologijska nezahvatljivost filozofijski može značiti samo korak do spoznajnog skepticizma. Uzročna, Bohmova, interpretacija logički nužno vodi ka esencijalnom holizmu preko nelokalnosti događaja. Esencijalni holizam filozofijski može značiti samo korak do antropomorfiističkog instrumentalizma.

Odredimo ove moguće posljedice u širem filozofijskom okviru.

U teorijsko spoznajnom smislu postoji filozofijska oporba između ideje racionalizma i ideje empirizma. U svojim ekstremnim oblicima oba pristupa u filozofiji dosljedno deduktivno logički vode u spoznajni skepticizam. Naime, ekstremni racionalizam zastupa tvrdnju da bilo koja ideja o realnosti mora biti utemeljena iz metafizičko-ontologijskih priusa, proglašavajući pojavnost prividom. Ekstremni empirizam svaku ideju o realnosti izvodi iz pojavnosti proglašavajući metafizičko-ontologijska utemeljenja praznom spekulacijom. No bez obzira na ova dva ekstrema, i jedan i drugi način filozofijskoga poimanja priznaju spoznajnu primjerenost (*adekvatnost*) uma u odnosu na objekt istraživanja. U spoznajne pretpostavke uma neprijeporno spadaju logička pravila te posljedično (ne i neprijeporno!) matematički formalizam. Problemi nastali u tehnološki snažno podržanoj razvijenoj znanosti u ovom smislu vezani su i uz problem konzistentne interpretacije rezultata matematičkog formalizma. Naime, matematički formalizam sam po sebi ujedno nužno ne predstavlja neprijepornu semantičku interpretaciju u okvirima jezika suvremene razvijene znanstvene discipline. On to postaje tek kao deduktivna posljedica teorijski opisanih, prethodno zamijećenih i ponovljenim pokusnim promatranjima osiguranih činjenica. Kako logička pravila i deduktivna matematika predstavljaju spoznajne pretpostavke uma, tako su one oruđe ispitivanja pri istraživanju od uma nezavisne realnosti. Odustajanje od logike i matematike neizostavno dovodi do spoznajnog skepticizma te posljedično do znanstvenog antirealizma. Naime, već odustajanje od tablice istinitosti logičkoga operatora implikacije (*salva veritate*) uzrokuje pad cjelokupnog ljudskoga znanja. Kako uvjetak (antecedens) implikacije preko dovoljnih i nužnih uvjeta za bilo koji događaj utemeljuje određenje njegova posljjetka (konsekvens) kao posljedice koju taj događaj uzrokuje, u istovjetnom je spoznajnom stupnju teško odreći se i racionalno određena zahtjeva za uzročno-posljedičnom svezom u osigu-

rano potvrđenim realno opstojećim događajima. Ostaje problem prihvatljive teorijske interpretacije. Prihvatljivost u ovom smislu zasigurno predstavlja usklađenost s logičkim zahtjevom za konzistentnošću. Logički zahtjev za konzistentnošću u odnosu na teorijsku interpretaciju nužno vodi ka zahtjevu za koherentnošću u smislu logičkoga slaganja dijelova teorije s njezinom cjelinom. No rezultati paradigmatičkih dijelova korpusa suvremene fizike »prebacuju« nas iz područja logičke sintakse na područje logičke semantike. Štoviše, uvođenje esencijalnog holizma u interpretaciju npr. činjenice da dva objekta »komuniciraju« na trenutačan nadsvjetlosni način, prebacuju nas korak dalje – na područje filozofijske ontologije. Naime, holističke interpretacije teorijskih izričaja u semantičkom smislu poglavito su bile rezervirane za tumačenje tekstova u kojima su sva značenja uporabljenih pojmova međusobno podržana kao smisljena semantička cjelina. Izvan-kontekstualnost značenja u holističkom smislu samo je posljedica teorijskih pretpostavki koje su semantički podrazumijevane. No u slučaju holističke interpretacije rezultata kvantne fizike ona filozofijski znači puno više: Rezultati znače objektivan događaj u prostornom mikrokozmosu u kojemu je svaki događaj relacijski zavisn od svih ostalih relevantnih događaja. Drugačije rečeno, ontologija (bića) mikrokozmosa ne može biti neprijeporno protumačena uz pomoć naših intuicija o ontologiji prostorno/vremenski određenih bića makrokozmosa. Tako se ponovno vraćamo na problem uzročnosti. U suvremenoj fizici više je pretpostavljenih teorijskih naputaka koji bi trebali sačuvati spoznajno poimanje istinitosti o realnosti. Jedan od njih je prevrednovanje naših intuicija o prostoru i vremenu uz pomoć rezultata primijenjena matematičkog formalizma, a drugi Einsteinov zahtjev za skrivenom uzročnošću kojeg nismo u stanju zamijetiti na današnjem stupnju znanstveno-tehnološkoga razvoja. Naime, metaforička određenja prema kojima kvantnom potencijalu pripisujemo »znanje« ili »projektiviranje« mogu biti protumačena u smislu pridavanja antropomorfističkih obilježja objektivno opstojećem sustavu, a u svrhu semantičkih instrumenata objašnjenja. Poput npr. instrumentalističke uloge pojma *etera* čije je instrumentalističko značenje prepoznato tek poslije Einsteinove teorijske interpretacije. Matematički formalizam dozvoljava još jednu mogućnost: tvrdnju o paralelnosti određenih svjetova. Odnosno, dozvoljava pitanje: Vrijede li istovjetne prostor-vrijeme koordinate i u makro i u mikrokozmosu? Odgovor na ovo pitanje nije neprijeporan, kao što više nisu neprijeporne ni redukcionističke tvrdnje fizikalizma. No filozofija je oduvijek bila više analitičko pitanje, nego neki sintetički konačan odgovor.

Literatura

- [1] B. d'Espagnat: *On Physics and Philosophy*, Princeton University Press, New York, USA 2006.
- [2] A. O'Hear: *An Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford University Press, Oxford 1999.
- [3] Robyn Arianrhod: *Einstein's Heroes: Imagining the World through the Language of Mathematics*, Oxford University Press, New York 2005.
- [4] T. S. Khun: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1962.
- [5] M. Frisch: *Inconsistency, Asymmetry and Non-Locality: A Philosophical Investigation of Classical Electrodynamics*, Oxford University Press, Oxford 2005.
- [6] D. Lindley: *Uncertainty*, Doubleday, New York, USA 2007.
- [7] L. Smolin: *The Trouble with Physics, The Rise of String Theory, The Fall of a Science and What Comes Next*, Penguin Books, New York 2006.

- [8] A. A. Michelson: The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether, *American Journal of Science* **22**: 120–129 (1881).
- [9] A. A. Michelson, & E. W. Morley: On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether, *American Journal of Science* **34**: 333–345 (1887).
- [10] Lev Okun: *Energy and Mass in Relativity Theory*, World Scientific Publishing Company, 2009.
- [11] A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen: Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Physical Review* **47** 777 (1935).
- [12] D. Bohm: *Quantum Theory*, Prentice Hall, New York 1951.
- [13] W. Tittel et al.: Experimental Demonstration of Quantum-Correlations Over More than 10 Kilometers, *Physical Review A* **57**, 3229 (1998).
- [14] John Bell: *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, 1987.
- [15] Solvay Conference, 1928, *Electrons et Photons: Rapports et Discussions du Cinquieme Conseil de Physique tenu a Bruxelles du 24 au 29 October 1927*.
- [16] D. Bohm: A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of »Hidden« Variables. I & II. *Physical Review* **85** (2): 166–193 (1952).

Mirko Jakić, Franjo Sokolić, Dragan Poljak

Scientific-Technological Development and the Problem of Truth

Abstract

Natural science aims to deal with physical reality independent of human action, even of human existence. Scientific theory takes form of the mathematical formulation pertaining to certain type of events out of which is possible to predict certain events by deduction. Reductive, generalized tendency of science implies a course towards the insight of natural phenomena, penetration beneath tissue of manifestation of final constituents of the substance, somehow reducing the biology to chemistry, and then chemistry to physics. The idea of technological progress rules the modern world, though an uncertainty regarding the technical effects of new technologies is accompanied with even more uncertainty regarding their impact to society. At a glance, one necessarily concludes that the growth of the human knowledge is cumulative in nature and clearly directed towards the objective truth. While Popper's falsificationism allows a scientific progress to a certain extent, Kuhn's social relativism stands against it. Regardless of the achievement of the science, particularly, as far as the technological advancement is concerned, the question is how much the science approaches the truth itself. The development of contemporary physics, especially through the rise of quantum mechanics, leads to an entirely new relation to basic questions in philosophy of science. The question is whether it is necessary to abandon the principle of causality and locality, respectively. Causality is abandoned in Copenhagen interpretation, but is preserved in Bohm's interpretation. Experiments for verification of Bell's inequality show impossibility of abandoning of non-locality. Regardless of the fact that Einstein and some other prominent scientists refused to accept this idea, it seems we should adopt it. What kind of the world is the one without locality? What can we say about such a world, at all? It would mean that everything is connected and that everything is dependent on everything, i.e. that we must abandon the very idea of the physical reductionism, on which the natural science is based and to accept holism. Thus, it is necessarily to consider central theoretical-epistemological question on the truth from the critical view of the contemporary philosophy of science, with particular emphasis to logical positivism, social relativism and holism. Since technology, as a consequence of scientific research, significantly influences modern time, it is, vice versa, necessary to point out the impact of technology to the scientific truth itself.

Key words

development of science, growth of knowledge, Popper's falsificationism, Kuhn's social relativism, objective reality, notion of truth