

Moderna fizika kao filozofski problem

Tihomir Vukelja¹

Zavod za povijest, filozofiju i sociologiju znanosti Fizičkoga odsjeka Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Bijenička 32, Zagreb

Uvod

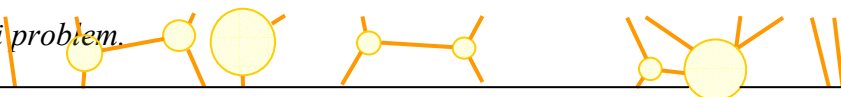
Tijekom 2000 godina od Aristotela do Galileija i Newtona fizika je bila grana filozofije, nastojanje da se prirodne pojave koje zapažamo u svakidašnjem iskustvu objasne na temelju filozofskih pretpostavki o naravi svijeta. U 17. stoljeću fizika postaje »moderna«: usvaja novu metodu – oslanjanje na instrumente, pokus i matematiku – i odvaja se od filozofije. No veze s filozofijom ostale su jake. S jedne su strane filozofska uvjerenja znanstvenika igrala odlučujuću ulogu u mnogim epizodama razvoja moderne fizike; s druge je strane osamostaljena fizika postala predmet filozofskih promišljanja.

U kojem se smislu moderna fizika pojavljuje kao filozofski problem? Bez ambicije da damo preciznu definiciju možemo reći da je fizika ljudska djelatnost putem koje nastojimo upoznati i objasniti ponašanje prirode, razumjeti svijet u kojem živimo. S druge pak strane među temeljnim filozofskim problemima nalazimo pitanja poput »Što je svijet?« i »Što možemo uistinu znati o svijetu?«. Oslonimo li se u traganju za odgovorom na ta pitanja na rezultate fizike kao puta do spoznaje, ona poprimaju oblik »Što je svijet po fizici?« i »Čime možemo opravdati tvrdnju da je svijet uistinu onakav kakvim ga prikazuje fizika?«. To su temeljni vidovi filozofskoga promišljanja fizike koje ćemo ocrtati na nekoliko primjera, ostavljajući po strani druga važna pitanja, poput onih etičkih, tj. propitivanja posljedica fizičnih istraživanja i odgovornosti fizike za sudbinu ljudskoga društva i svijeta u cjelini.

Slika svijeta po Newtonovoj mehanici

Pitanje »Što je svijet po fizici?« je pitanje o tome što nam fizika kaže o svijetu, kakvu nam sliku svijeta nudi. Za ishodište takva razmatranja uzimamo neku fizičnu teoriju te istražujemo njezine pojmove i ustroj, nastojeći oblikovati odgovarajuću predodžbu svijeta: od čega je po toj teoriji svijet sazdan i kakva je narav tih njegovih sastavnica. Pitamo se, nadalje, je li takva slika svijeta zadovoljavajuća, nameće li ona možda neke problematične ili neprihvatljive zaključke. Takvo nas promišljanje fizike vodi onkraj dosega pokusa i matematike. Ono produbljuje naše razumijevanje fizičnih teorija, pomaže nam da uvidimo njihove probleme i ograničenja i upućuje nas na smjer

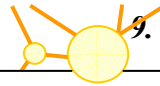
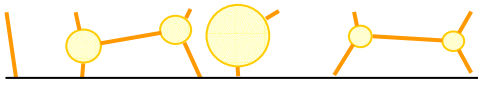
¹ tvukelja@phy.hr



daljnjih istraživanja. Razmotrimo u osnovnim obrisima jedan primjer, sliku svijeta po Newtonovoj mehanici.

Newtonova mehanika je teorija koja opisuje i objašnjava gibanja tijelâ, a zamisli pomoću kojih to čini temelj su odgovarajuće slike svijeta. Prema toj slici se događaji u svijetu odvijaju na pozornici apsolutnoga prostora i apsolutnoga vremena (»apsolutnih« u smislu da posjeduju vlastiti nepromjenljivi ustroj i opstoje neovisno o tijelima i događajima), a koji su međusobno neovisni. »Glumci« koji nastupaju na toj pozornici su čestice zamišljene kao tvarne točke, beskonačno malena tijela koja u svakom trenutku posjeduju svojstva koja možemo strogo definirati i precizno mjeriti (masa, položaj, brzina itd.) i koja nam omogućuju da ih međusobno razlikujemo. Tijela konačnih dimenzija shvaćamo kao nakupine takvih čestica. Ponašanje tijelâ i sustavâ tijelâ u cjelosti slijedi iz ponašanja čestica koje ih čine i sva se njihova svojstva mogu svesti na svojstva tih dijelova. Isto vrijedi za svijet u cjelini: svijet je naprosto zbroj dijelova, koje možemo razumjeti neovisno o cjelini (u opreci spram aristotelske fizike, gdje cjelina svijeta određuje ulogu, odlike, mjesto i svrhu svojih dijelova, te je stoga dijelove svijeta i njihove odnose moguće valjano razumjeti jedino u okviru razumijevanja cjeline). Razumijevanje cjeline svijeta slijedi iz razumijevanja njegovih dijelova i njihovih odnosa. Ti odnosi dijelova svijeta, tijelâ u svijetu, su međudjelovanja: tijela se mogu privlačiti ili odbijati, utjecati jedno na drugo bez dodira ili »na daljinu«. Nadalje, jedine uloge koje ti svjetski glumci mogu igrati su gibanja kroz apsolutni prostor. Ta su gibanja jednoznačno određena međudjelovanjima, putem Newtonovih zakona gibanja. Stoga su svi budući događaji u svijetu posve predodređeni trenutnim stanjem stvari, odnosno položajima i brzinama tijelâ te njihovim međudjelovanjima – što nam omogućuje da ih pretkažemo – i nemaju svrhu, ne zbivaju se radi ostvarenja nekog krajnjeg cilja, nekog stanja ka kojem svijet teži. Dakle, čitav se svijet svodi na gibanja tvarnih točaka u apsolutnom prostoru i vremenu, jednoznačno određena međudjelovanjima i zakonima gibanja, i sve pojave u svijetu valja razumjeti na toj osnovi. Svijet mora biti takav da bi Newtonova mehanika davala ispravne rezultate.

Ta se je teorija uistinu pokazala veoma uspješnom. Ona je omogućila Newtonu da točno izračuna putanje planeta i odvijanje mnogih zemaljskih pojava, a nama da pošaljemo letjelice u svemir. No, s druge strane, opisana slika svijeta otvara mnoge filozofske probleme. Primjerice, Newtonova predodžba apsolutnoga prostora i vremena podrazumijeva pojam *apsolutnoga* gibanja, gibanja u odnosu na sam prostor. Takva su nam gibanja načelno nedohvatljiva; uvijek opažamo i računamo samo *relativna* gibanja, gibanja tijela u odnosu na neko drugo tijelo. Je li onda opravdano rabiti u fizici pojam apsolutnoga prostora i vremena i tvrditi na temelju fizične teorije da su prostor i vrijeme uistinu apsolutni? Je li fizici primjerenija predodžba *relacijskoga* prostora i vremena, prema kojoj oni ne opstoje neovisno od tijela i događaja, već se smatraju skupovima mogućih odnosa među tijelima i događajima (nalik skupu rodbinskih odnosa, koji ne opstoje neovisno od ljudi koji čine obitelj)? Nadalje, u opisanoj se slici svijeta brzina tijela ne ograničava, zbog čega, primjerice, mogućnost razlikovanja tvarnih točaka postaje upitna. Treba li je stoga ograničiti, što nužno dovodi do povezivanja prostora i vremena? Kako razumjeti međudjelovanje na daljinu, uzajamni utjecaj tijelâ bez dodira ili posrednika? Može li se svaki sustav, čak i



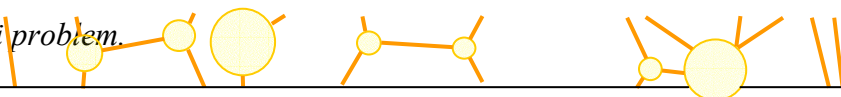
živo biće, smatrati naprosto zbrojem svojih dijelova? Možemo li na temelju pretkazivosti nekih događaja zaključiti da je svijet posve predodređen? Ako je uistinu tako, što je s ljudskom slobodom i odgovornošću?

Fizične teorije kao nagađanja o svijetu

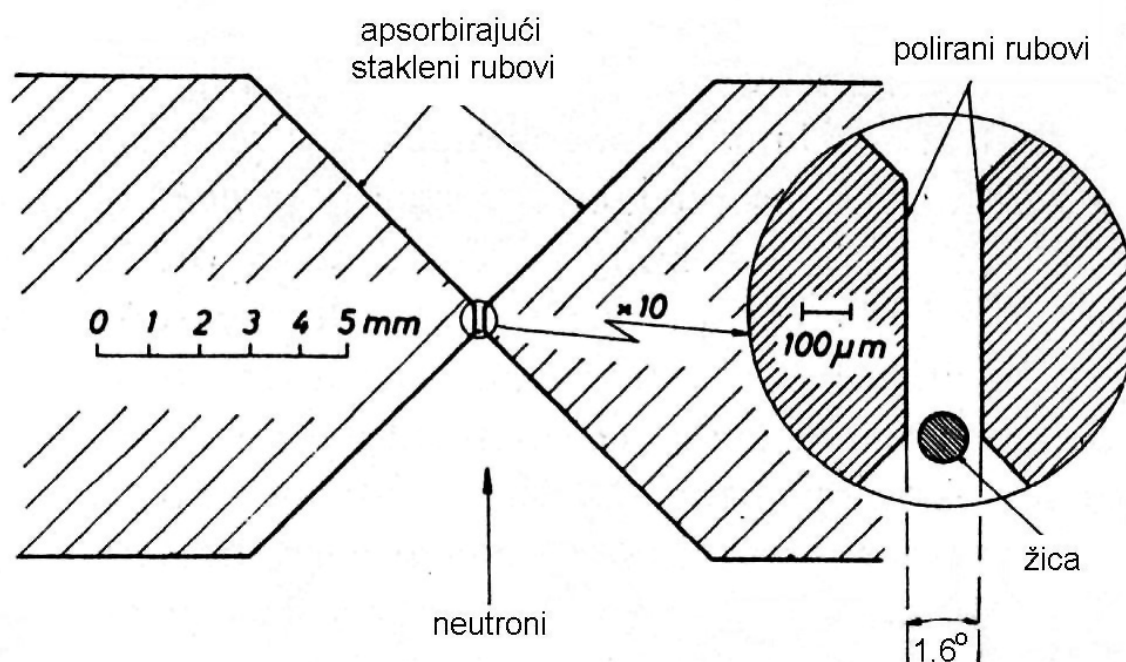
Sljedeće filozofsko pitanje koje nam se nameće jest kako znamo da je svijet uistinu takav, kako opravdati tvrdnju da je opisana slika svijeta, oblikovana na temelju Newtonove mehanike, ispravna? Svjesni smo ugleda kojeg fizika uživa u društvu. Čime opravdati taj ugled, kako objasniti zbog čega se fizične teorije mogu smatrati pravim znanjem o svijetu, a ne tek suvremenim mitom, u čem je posebnost ili »tajna« fizike? Što se našega primjera tiče, stožer ocrtane slike svijeta je Newtonov zakon gibanja, ona sadrži pretpostavke o svijetu nužne za uspostavu tog zakona. Ako je taj zakon valjan, onda s priličnim pouzdanjem možemo reći da smo na pravom putu. Stoga se moramo upitati kako znamo da je Newtonov zakon gibanja valjan.

Uobičajen odgovor na gornje pitanje je da se naše pouzdanje u Newtonov zakon gibanja temelji na iskustvu, na opažanjima, mjerenjima i pokusima. Valjanost tog zakona je potvrđena na mnoštvu različitih primjera, od gibanja planeta do padanja kamena. To pokazuje da je zakon ispravan, a time u biti i opisana slika svijeta. No takav odgovor nije posve zadovoljavajuć. Prije svega, znamo da postoje gibanja koja se ne mogu podvesti pod taj zakon, poput gibanja planeta Merkura ili atomnih predmeta (atoma, neutrona i sl.). Ti slučajevi zahtijevaju primjenu drukčijih zakona gibanja, razvijenih u okviru teorije relativnosti i kvantne mehanike. No te teorije upućuju na slike svijeta poprilično drukčije od one opisane i stoga ona naprosto ne može biti valjana.

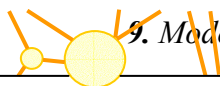
No ponuđeni odgovor ne bi bio valjano rješenje postavljenoga problema čak i da ne poznajemo protuprimjere za Newtonov zakon. Taj je zakon, naime, po svojoj naravi *univerzalna* tvrdnja, tvrdnja koja se odnosi na sva gibanja svih tijela u svim okolnostima, drugim riječima, na beskonačno mnogo situacija. S druge strane, naše je iskustvo nužno ograničeno: niti je zakon iskušan na svim gibanjima, niti je to izvedivo. No iz ograničenoga skupa istinitih opisa opažanja (primjerice, »Opaženi labud L_1 je bijel«, »Opaženi labud L_2 je bijel«, ... , »Opaženi labud L_n je bijel«,) koja su u skladu s nekom univerzalnom tvrdnjom (»Svi su labudovi bijeli«), nije moguće logički strogo izvesti istinitost te univerzalne tvrdnje (jer je posve moguće da postoje i labudovi drugih boja, koje još nismo opazili; uistinu, iz Australije potiče crni labud, *Cygnus atratus*). Uopćenja potkrijepljena ograničenim skupom činjenica ne smijemo smatrati istinitim tvrdnjama, već tek *nagađanjima*, jer ne postoje jasna mjerila koja bi nam omogućila da opravdana uopćenja razlikujemo od neopravdanih, prenatragljenih, poput onog »Svi su labudovi bijeli«. Imamo li to na umu, moramo se pomiriti s time da Newtonov zakon gibanja, kao i svi drugi fizički zakoni i teorije, ostaje, unatoč opsežnoj iskustvenoj potpori, tek pretpostavka, nagađanje, koje se na temelju iskustva ne može jednom za uvijek potvrditi kao istinito i za koje možemo reći tek da je u nekim granicama i za neko vrijeme potkrijepljeno iskustvom.



Dovodi li uvid da su fizične teorije tek nagađanja o funkcioniranju prirode, koja nije moguće konačno dokazati pozivanjem na iskustvo, u pitanje ugled fizike kao puta do spoznaje svijeta? Ne nužno. Mnogi filozofi smatraju da su unatoč tome fizične teorije najbolje znanje o svijetu koje su ljudi svojim razumom i iskustvom u stanju dohvatiti. Posebnost tih teorija je, tvrdi primjerice Karl Popper, u tome što smo pomoću njih u stanju precizno pretkazati ponašanje stvari. Primjerice, Newtonov zakon gibanja nam vrlo jasno kaže kako bi se neko tijelo trebalo gibati u zadanim okolnostima. Ako iskustvo pokaže da se stvarno gibanje tijela razlikuje od tog pretkazanja, poput gibanja planeta Merkura, to znači da je naše pretkazanje *opovrgnuto*, iskustveno je dokazana njegova neistinitost, a time i neistinitost univerzalnog zakona iz kojeg smo ga izveli. Posebnost fizičnih zakona kao nagađanja je, po Popperu, u tome što se pozivanjem na iskustvo može konačno ustanoviti njihova *neistinitost*, a fizika, kao put do spoznaje, je posebna po tome što bez oklijevanja i bez milosti odbacuje teorije koje su se u suočavanju sa zbiljom pokazale neistinitima i na njihovo mjesto stavlja nove teorije, nova nagađanja, bolje prilagođena zbilji. Tajna fizike, kao pravoga puta do spoznaje svijeta, je u njezinoj nemilosrdnoj samokritičnosti, a ne u tobožnjoj utemeljenosti teorija na činjenicama. U modernoj fizici ne težimo k apsolutnoj istini i sigurnosti, što je antički ideal, već k napretku i poboljšanju našega razumijevanja svijeta, k sve obuhvatnijim i zbilji svijeta primjerenijim teorijama-nagađanjima. Premda se za fizičnu sliku svijeta ne može reći da je konačna istina, može se reći da fizika stalno napreduje kroz odbacivanje opovrgnutih pretpostavki i njihovo nadomještanje novim pretpostavkama, i time se neprestano približava istini.

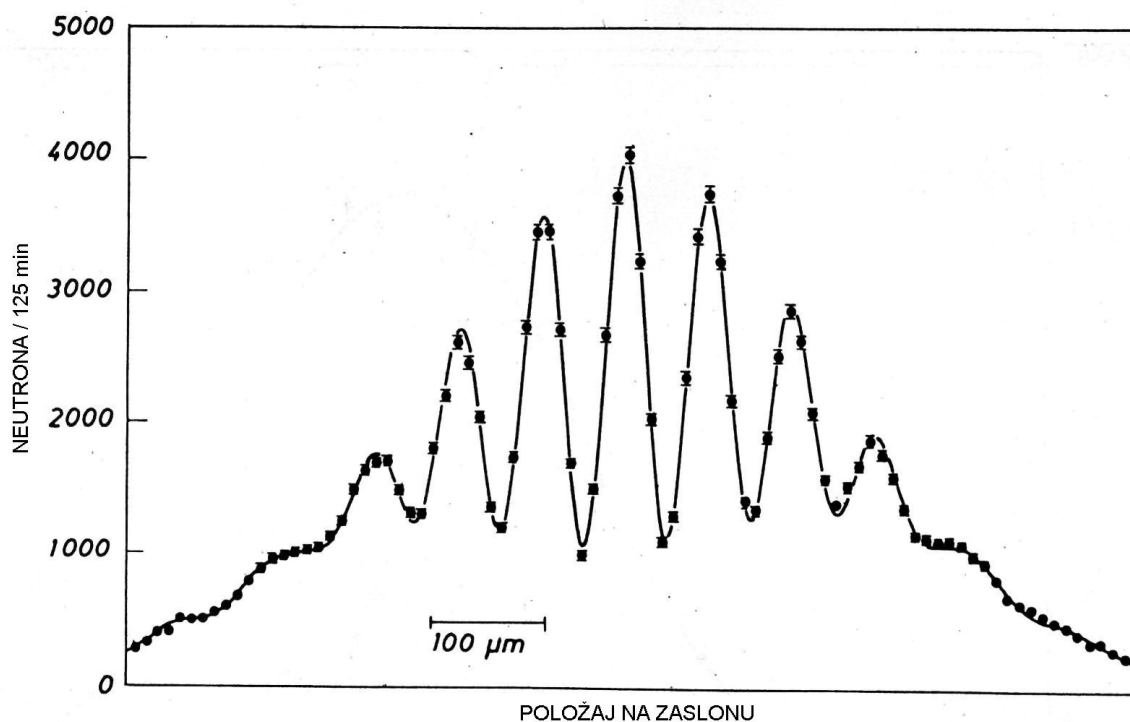


Slika 9-1



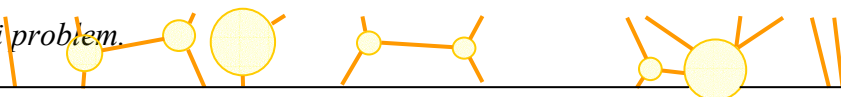
Slika svijeta po kvantnoj mehanici

Razmotrimo jedan primjer opovrgavanja Newtonova zakona gibanja, koji ima dalekosežne posljedice po fizičnu sliku svijeta [1]. Neutroni prolaze kroz pukotinu u koju je umetnuta žica (Slika 9-1.) i detektiraju se na zaslonu iza pukotine. Pretpostavljamo da između pukotine i zaslona na neutrone ne djeluje nikakva sila. Izbrojimo li detekcije neutrona u svakoj pojedinoj točki zaslona vidimo da raspodjela broja detekcija po zaslonu slijedi *interferentni* obrazac (Slika 9-2.). No iz pretpostavke da se neutroni gibaju u skladu s Newtonovim zakonom gibanja slijedi *zvonolika* raspodjela detekcija i stoga moramo zaključiti da je u ovom slučaju taj zakon opovrgnut.



Slika 9-2

Za ispravno teorijsko reproduciranje i pretkazivanje rezultata pokusa izvedenih s atomnim predmetima, poput ovog upravo opisanoga, morala je biti razvijena nova teorija gibanja – kvantna mehanika (na Slici 9-2. točke prikazuju mjerene vrijednosti, a puna linija kvantnomehanično pretkazanje). No u okviru te teorije se gibanje atomnih predmeta ne opisuje određenom putanjom kroz fizički prostor, već »valnom funkcijom« u apstraktnom »konfiguracijskom« prostoru, koja, u gornjem slučaju, određuje vjerojatnost da neutron bude detektiran u nekoj točki zaslona. Takva narav zakona gibanja atomnih predmeta ima za posljedicu da se slika svijeta po kvantnoj mehanici korjenito razlikuje od one prije opisane. Premda u toj novoj slici svijeta pozornicu na kojoj se odvijaju događaji i dalje čine apsolutni prostor i vrijeme, glumci koji na njoj nastupaju, atomni predmeti, su posve drukčije naravi. To nisu stvarne točke, već posve nepredočiva bića, a opazivi pojedinačni događaji u takvu svijetu, poput



detekcije neutrona na zaslonu, nisu predodređeni, već su slučajni – ništa ne određuje jednoznačno u kojoj će točki zaslona neki neutron biti detektiran.

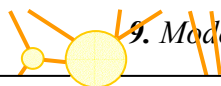
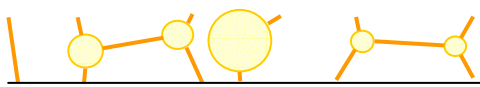
Ova nam prigoda ne dopušta da opišemo začuđujuće potankosti te slike svijeta, već ćemo samo ukazati na njezin fundamentalni problem: kako iz tako shvaćena »mikrosvijeta« izrasta »makrosvijet« našega svakidašnjega iskustva? Zašto se izravno opaziva tijela ponašaju drukčije od atoma od kojih su po pretpostavci sazdana, zašto nikad ne opažamo njihovo »kvantnomehanično« ponašanje? Kako je moguće da atomi, koji po kvantnoj mehanici ne slijede određene putanje kroz prostor, čine tijela koja slijede takve putanje, kako je moguće da se slučajna događanja iz mikrosvijeta slože u predodređene događaje makrosvijeta, kako »određeni« makrosvijet izranja iz »neodređena« mikrosvijeta? Među fizičarima danas nema jednodušnosti glede rješenja tog problema i on jasno pokazuje da nešto nije u redu ili s uobičajenom kvantnomehaničnom slikom svijeta ili s našim svakidašnjim iskustvom svijeta ili s našim shvaćanjem kvantne mehanike.

Opovrgava li uistinu gibanje atomnih predmeta Newtonov zakon?

Na jedan mogući izlaz iz tog problema ukazuje pitanje razmatranje pitanja je li Newtonov zakon gibanja uistinu opovrgnut rezultatima opisanoga pokusa s neutronima i drugih pokusa s atomnim predmetima. Naime, nije uvijek lako nedvosmisleno opovrgnuti neku fizičnu pretpostavku pozivanjem na iskustvo, imamo li na umu činjenicu da je u fizična objašnjenja ishoda pokusa nužno uključeno mnoštvo pretpostavki i da često nije jasno na koju od njih valja svaliti krivnju kad se teorijska očekivanja ne poklope s opažanjima.

Zgodan primjer iz povijesti fizike je otkriće planeta Neptuna. Motrenja gibanja Urana u 19. st. su pokazala da njegova putanja znatno odstupa od one koju predviđa Newtonov zakon gibanja. To se je iskustvo moglo tumačiti kao opovrgavanje tog zakona, ali to nije bilo jedino moguće objašnjenje. Moglo se je umjesto toga pretpostaviti da zakon gravitacije nije valjan ili da optički zakoni koji ravnaju opažanjima nisu valjani (lom svjetlosti u lećama teleskopa i u atmosferi) ili da u računu nisu uzete u obzir sve sile koje djeluju na Uran itd. Kao pokušaj prevladavanja tih problema pretpostavljeno je postojanje dotad neopaženog planeta u blizini Urana, gravitacijski utjecaj kojeg bi trebao biti odgovoran za opažena odstupanja putanje. Položaj tog planeta je izračunat na temelju odstupanja Uranove putanje i Newtonove teorije, a teleskopsko opažanje je potvrdilo postojanje planeta kojeg danas nazivamo Neptunom na tom mjestu. Tako je ta epizoda od mogućega opovrgavanja Newtonova zakona gibanja postala njegov veliki uspjeh.

Kakve posljedice ima taj uvid po našu raspravu o gibanju neutrona? Interferentnu raspodjelu detekcija neutrona smo protumačili kao bjelodano opovrgavanje Newtonova zakona gibanja, jer bi po njemu neutroni koji se slobodno gibaju morali dati zvonoliku raspodjelu detekcija. No valjanost Newtonova zakona gibanja možemo očuvati tako da promijenimo neku drugu pretpostavku u tumačenju eksperimentalne situacije. Primjerice, u opisu pokusa smo pretpostavili da se u



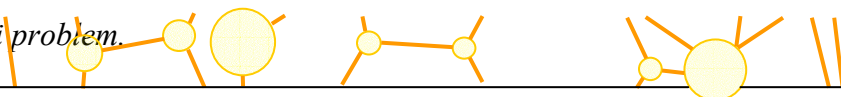
prostoru između pukotine i zaslona neutroni gibaju slobodno, jer tu na njih ne djeluje nikakva sila poznata klasičnoj fizici. Pretpostavimo li pak da na neutrone tu zapravo djeluje neka sila zbog koje se oni gibaju, u skladu s Newtonovim zakonom gibanja, upravo tako da dadu interferentnu raspodjelu detekcija, možemo spasiti taj zakon od opovrgavanja. Štoviše, David Bohm je pokazao da je takvu silu moguće strogo definirati i za svaki konkretan slučaj izvesti iz odgovarajuće kvantnomehanične valne funkcije. Po njemu je standardna, općenito prihvaćena kvantna mehanika tek dio priče o atomnome svijetu, dio koji smo krivo protumačili kao potpun prikaz tog svijeta.

Ta nas pretpostavka vodi na posve drukčiju predodžbu atomnoga svijeta, mnogo sličniju onoj izvedenoj iz Newtonove mehanike. U okviru te slike se atomni predmeti ne shvaćaju kao nepredočiva bića, već kao obične čestice koje se deterministički gibaju po određenim putanjama, u skladu s Newtonovim zakonom gibanja, a pod utjecajem klasičnih sila i jedne neklasične, »kvantne« sile. Između svijeta atoma i svijeta našega svakidašnjega iskustva nema fundamentalne razlike, osim učinaka kvantne sile. No i u takvoj slici svijeta nailazimo na ozbiljne probleme, od kojih je najveći narav kvantne sile, koja ima neka veoma teško razumljiva i nepoželjna svojstva. Kako bilo da bilo, Newtonov zakon gibanja ne možemo mirne duše smatrati opovrgnutim na slučaju gibanja atomnih predmeta.

Za koju se sliku svijeta odlučiti?

Tragajući za slikom svijeta po kvantnoj mehanici našli smo se u neočekivanoj situaciji. Imamo pred sobom dvije teorije gibanja atomnih predmeta, u biti različite, premda sadrže neke zajedničke elemente. Obje su u stanju objasniti i pretkazati rezultate svih izvedenih pokusa s atomnim premetima, ali na temeljito različite načine, i stoga upućuju na temeljito različite slike svijeta. Prema jednoj se atomni svijet korjenito razlikuje od svijeta svakidašnjega iskustva, to je svijet slučajnih događaja i nepredočivih bića kojima vladaju kvantnomehanični zakoni, a iz kojeg na nama još uvijek nejasan način izranja predodređen i predočiv svijet makroskopskih tijela i događaja. Prema drugoj je atomni svijet u biti jako nalik svijetu svakidašnjega iskustva, čine ga predočive čestice koje se gibaju u skladu s Newtonovim zakonom gibanja, a pod utjecajem tajnovite kvantne sile. Kako se u takvoj situaciji odlučiti, na temelju čega možemo reći koja je od tih slika ispravna ili barem bliža zbiljskom stanju stvari u svijetu atoma?

Očigledno se ne možemo odlučiti na temelju iskustva, jer obje slike, barem koliko danas znamo, jednako dobro pretkazuju rezultate svih pokusa. Neki filozofi smatraju da pri odlučivanju u takvim situacijama važnu ili čak odlučujuću ulogu igraju fizici izvanjski čimbenici, poput filozofskih i estetskih sklonosti, ustroja znanstvene zajednice, pa čak i političkih uvjerenja i društvenoga statusa: fizičari se u pravilu ne mogu racionalno, tj. na temelju iskustva, opredijeliti za neku od raspoloživih alternativa te se stoga povijest fizike može razumjeti jedino na temelju psiholoških i socioloških istraživanja znanstvene zajednice. Takva istraživanja uloge društvenih faktora u oblikovanju i prihvaćanju fizičnih teorija, koja u ekstremima vode na



shvaćanje fizičke slike svijeta kao suvremenoga mita kojeg fizičari svojim autoritetom nameću društvu, su danas prilično popularna u okviru sociologije znanosti.

Ogradimo li se od takvih pretjerivanja, moramo ipak priznati da još ne postoje neupitni razlozi koji bi nas nužno prisilili da prigrlimo jednu od ocrtanih alternativnih slika atomnoga svijeta. Situaciju dodatno usložnjavaju drukčiji stavovi o naravi kvantne mehanike, poput onih Nielsa Bohra i Alberta Einsteina. Obojica su, iz različitih razloga, tvrdili da nije opravdano utemeljiti sliku svijeta na toj teoriji. Po Bohru kvantna mehanika uopće ne opisuje ponašanje samih atomnih predmeta, već ponašanje nerazdruživih cjelina koje oni u pokusima čine s mjernim uređajima u koje su uronjeni, što je istodobno krajnja granica naših mogućnosti prodora u atomni svijet. Po njemu je makroskopski svijet valjano opisan klasičnom fizikom, dok se kvantna fizika ne odnosi na atomni svijet, već na »međusvijet« u kojem se susreću i stapaju atomni predmeti i mjerni uređaji. Stoga nije opravdano izvoditi iz kvantne mehanike zaključke o naravi atomnoga svijeta. Einstein je pak smatrao da se tu radi o pomoćnoj, privremenoj teoriji, koja statistički opisuje ponašanje mnoštva atomnih predmeta, a ne ponašanje jednog jedinog atomnog predmeta (stoga iz nje ne smijemo izvoditi zaključke o naravi pojedinačnih atomnih predmeta) te da fizika tek treba razviti takvu teoriju.

Nakon stotinjak godina razvoja kvantne teorije još uvijek nema jednodušnosti o tome na kakvu nas sliku svijeta fizika navodi. U takvoj je situaciji korisno svratiti pogled na povijest fizike i uočiti da su te prilike, unatoč nekim važnim razlikama, ipak poprilično nalik onima u ranim danima obnovljenoga sukoba geocentrične i heliocentrične slike svijeta u drugoj polovici 16. stoljeća. A taj nas primjer, kao i suvremena filozofska promišljanja, uči upravo tome da se kroz instrumente i pokuse zbilja svijeta naposljetku probija u fizičku sliku svijeta i odlučujuće je oblikuje i pročišćuje, ma koliko se u toj slici možda zrcalila naša preduvjerjenja, sklonosti i društvene metafore; da je razvoj fizike uistinu napredak u razumijevanju zbilje, a ne tek niz po dogovoru prihvaćenih bajki o svijetu neovisnih o zbilji; te da je fizika u stanju unutar sebe naći sredstva za razrješenje opisane dvojbe, premda će ono očigledno zahtijevati dodatne teorijske i eksperimentalne napore iz kojih mogu uslijediti velika iznenađenja.

Literatura

[1] A. Zeilinger, R. Gähler, C. G. Shull, W. Treimer, i W. Mampe, *Single- and double-slit diffraction of neutrons*, *Reviews of Modern Physics* **60**, 1067 – 1073 (1988).