

O ATOMU - OD DEMOKRITA DO KVANTNE FIZIKE

Ivan Kešina, Split

Što je najveći paradoks dvadestog stoljeća na području prirodoslovnih znanosti? - pita u ime budućih generacija W. Stegmüller i kao mogući odgovor nudi "da u ovom XX. stoljeću *na jednoj strani* imamo materijalističku filozofiju, koja materiju tumači kao jedinu moguću realnost... te da je, *na drugoj strani*, upravo pojam materije ostao najteži, nejnjesavladiviji i najtajanstveniji pojam za znanost ovog stoljeća uopće".¹

Prividna očevidnost i mogućnost predočavanja, kao nešto po sebi razumljivo, koju su ponekad filozofi uzdizali na razinu temeljnog zakona, po shvaćanju kvantne fizike više ne vrijedi na atomskoj i subatomskoj razini. Usprkos tome, slika svijeta evolucionistički orijentiranih biologa u biti je ostala klasična. R. Kötter smatra da "principi evolucionističkog naučavanja nisu ništa drugo doli sadržajno ostvarenje načela: 'Predoči povijest prirode kao razumljiv proces'.² I dok Stegmüller govori o više oblika nejasnoća i neočevidnosti,³ mnogi suvremeni povjesničari prirode ponašaju se kao da "znaju (makar samo s vjerovatnošću) kako je sve bilo, kao da su sami bili prisutni u trenutku postanka svijeta i kao da im jeka praeksplozije (Big Banga) još odjekuje u ušima".⁴

Mnogo citirana Kantova rečenica u *Kritici čistog uma* mogla bi se primijeniti i na iskustvene znanosti, a prema kojoj "ljudski um ima osobitu sudbinu u jednoj vrsti svojih spoznaja, gdje ga uznemiruju pitanja koja on ne može odbiti, jer su mu zadana samom prirodom uma, no on ipak ne može na njih odgovoriti, jer nadilaze svaku moć ljudskog uma".⁵ Protiv ovog stajališta uvijek iznova ustaju osobito same iskustvene znanosti;⁶ međutim, upravo za njih vrijedi pravilo da je njihov napredak uvijek samo hipotetičan i da ostaje problematičan, te što je više odgovora, javlja se još više pitanja.

Sadašnje stanje stvari može se pratiti s dvije strane. Tako je, npr. astronomija razvila nove postupke: radijske, infracrvene, röntgenske i u novije doba gravostronomije i neutrino-teleskopije, s tim su usko

¹ M. Stegmüller, *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie*, sv. III, Stuttgart 1986, str. 90s.

² R. Kötter, *Kausalität, Teleologie und Evolution: Methodologische Grundprobleme der modernen Biologie*, u: *Philosophia naturalis*, 21 (1984), str. 8.

³ W. Stegmüller, isto, Bd. II, str. 347-362.

⁴ R. Kötter, isto, str. 30.

⁵ I. Kant, *Kritika čistog uma*, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb 1984, str. 7 (A VII).

⁶ Ovdje doduše treba spomenuti da se ova Kantova tvrdnja odnosi samo na ono što ne priznaje probni kamen iskustva (odnosno na ono što prelazi granice svakog iskustva). Usp. Kant, nav. dj., str. 7.

povezana i otkrića crvenih divova, bijelih patuljaka, crnih rupa, pulsara i quasara, među kojima postoje i takvi čija je brzina gibanja - ako je točna hipoteza E. Hubblea o pomicanju prema crvenom području spektra - gotovo jednaka c , tj. brzini svjetlosti. Isto tako otkrivene su protozvijezde, pragalaksije, patuljaste, kanibalske, eksplodirajuće galaksije itd., te više od 30 međusobno konkurirajućih hipoteza o postanku planeta.

S obzirom na "Big Bang", "praatom" ($=10^{-29}$ cm), "pulsirajući svemir", "vremensku konačnost" svemira, ne čini se presmionom konstatacija W. Stegmüllera kad kaže: "Činjenica da se za objašnjenje nastanka i razvoja zvjezdanih sustava, sun(a)ca i planetarnih sustava nude fizikalno i empirijski utemeljene, a ipak dijametralno oprečne hipoteze, trebala bi nas pozvati na skromnost. *Sigurno je samo to da još ni izdaleka nismo stigli do jedne, kao sigurno, prihvatljive hipoteze.*"⁷

S druge strane, u mikrosvijetu je stanje isto tako paradoksalno. Katahreza atoma postala je najobičnijom pojavom: već davno su ga rastavili na subatomske djeliće, koji bi se trebali zvati "atomi atoma", ako se pretpostavi da se ne može nazreti kraj dijeljenja; radi se o dijeljenju bez kraja i konca. U ovom, nazovimo ga "zoološkom vrtu čestica" postoje npr. "patuljci" (quarkovi) u šest mogućih oblika: d , u , s , c , b , t .⁸ Ti patuljci su, k tome, dešnjaci i ljevaci, razlikuju se po "aromi" i "boji"; i onda se to "krdo" leptona, bozona, fermiona, hadrona, nukleona, quarkova itd. pokušava s pomoću kompliciranih teorija sjediniti u jednu "praorbitelj". Kroz sve kvantne skokove difundira "materija" u "energiju" i obratno. Stegmüller drži da "naizgled tako jasno i jednostavno pitanje starije atomistike o egzistenciji najmanjih sastavnih dijelova svih poznatih vrsta materije završava, nakon transformacije, u jeziku moderne atomistike, u logičko-znanstveno-teoretski problem..."⁹ te dolazi u sumnju i stabilnost materije, ako uopće postoji protonsko raspadanje. Međutim, ako imamo na umu "životnu dob" protona od 10^{31} godina, možemo biti spokojni.¹⁰

Povijesna pozadina

Zanimljivo je naučavanje atomista Leukipa i osobito njegova učenika Demokrita. Prema njihovu naučavanju sve promjene na bićima nastaju sjedinjavanjem i rastavljanjem elemenata - čestica koje

⁷ W. Stegmüller, isto, str. 55.

⁸ To su početna slova od: DOWN, UP, STRANGE, CHARMANT; BOTTOM, TOP; i tko se, imajući to na umu, može rugati aristotelovskoj "primitivnoj" orijentaciji u prostoru koja je karakterizirana pojmovima "gore", "dolje", itd.

⁹ Isto, str. 108.

¹⁰ Više o ovoj problematici usp. W. Stegmüller, *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie*, sv. III, osobito str. 3-171.

su u sebi apsolutno nedjeljive, ali imaju protežnost. Sve te čestice-
atomi - kojih je neizmerno mnogo, a mogu se kretati u prostoru u
svim smjerovima - imaju jednu te istu narav, tj. između sebe se ne
razlikuju kvalitativno nego samo kvantitativno, tj. oblikom, raspore-
dom i položajem.¹¹ Sva živa i neživa bića sastoje se od atoma, samo
što živa bića imaju suptilnije i pokretljivije atome od neživih bića. I
sama duša je sastavljena od vrlo suptilnih atoma koji su raspoređeni
po tijelu kao neka mreža. Pri disanju duša apsorbira nove atome, a
izbacuje stare. Smrt će nastupiti u trenutku kad ta kompenzacija
postane nemoguća. Taj atomistički materijalizam pretpostavljao je da
te najmanje čestice koje se više ne daju dijeliti pokazuju isti način
egzistencije kao i veliki objekti. Werner Heisenberg piše o toj temi:
"Ontologija materijalizma temeljila se na iluziji da se način egzistencije
neposredno faktičkog svijeta koji nas okružuje može ekstrapolirati na
odnose u atomskom području. Međutim, ta ekstrapolacija nije
moguća."¹² Na toj nemogućoj ekstrapolaciji počiva kompletna reduk-
cionistička misaona shema prirodnih znanosti. U svojoj najgrubljoj
formi materijalni redukcionizam pretpostavlja da postoji čitav niz
razina. Na najnižoj razini nalaze se subatomske čestice; iz njih proiz-
laze kemijska svojstva atoma i molekula. Molekule oblikuju žive i
nežive objekte. Iz ponašanja molekula i stanica može se odrediti
ponašanje pojedinog čovjeka; ovi, nadalje, stvaraju socijalni red i insti-
tucije. Na vrhu takve ljestvice smjestile su se povijesne datosti. Odatle
se javlja zahtjev da se povijest u načelu dađe reducirati na sub-
atomska događanja.

Budući da fizikalni principi imaju univerzalnu vrijednost i za živu
i za neživu prirodu, mnogi prirodoslovci smatraju da su ostale
prirodne znanosti dedukcijom povezane s fizikom. Prema tom shva-
ćanju, biologija bi bila izvedena znanost čiji se principi mogu svesti na
temeljne zakonitosti fizike. Iz toga proizlazi da bi postojala samo jedna
prirodna znanost - fizika. Ta je shema stara koliko i sama novo-
vjekovna prirodoslovna znanost, pa i otac novije filozofije René
Descartes tvrdi da sve discipline zajedno doista tvore jednu jedin-
stvenu kontinuiranu znanost. Descartes predlaže takvo shvaćanje
znanosti zajedno s potpuno mehanicističkim pogledom na živa bića, te
u odnosu na kruženje krvi u krvnim žilama i gibanje kaže: "Zakoni
mehanike... identični su zakonima koji vladaju u prirodi."¹³ Descartes,
koji je prvi tvrdio da životinje nisu ništa drugo doli komplicirani
strojevi, smatrao je da objašnjenje ponašanja životinja ne zahtijeva
nužno i pretpostavku svijesti kod njih. Budući da umjetnost oponaša
prirodu i da čovjek može graditi različite automate u kojima gibanje

¹¹ Mirisi, ukusi, zvukovi, boje, dodirni osjeti - tvrdo, meko samo su subjektivni
doživljaji koji ne postoje u stvarnosti.

¹² W. Heisenberg, *Physik und Philosophie*, Frankfurt 1986, str. 119.

¹³ Citirano prema R. Augros, G. Stanciu, *Die neue Biologie*, Bern, München, Wien,
1988, str. 13.

teče bez ikakvog razmišljanja, prema Descartesu je sasvim razumna pretpostavka da priroda stvara vlastite automate, naime životinje, koji su u svom "djelovanju" mnogo savršeniji od onih koje stvara čovjek. U svom traktatu o čovjeku Descartes razvija striktno mehanicističku teoriju ponašanja životinja. Unutar toga on pretpostavlja nevidljive, ali tjelesne čestice, "životinjske duše" (*Spiritus animales*), koje bivaju pobuđene pokretanjem osjetila, te kroz fine pore dospijevaju do mozga. Odatle one teku kroz živce do mišića, gdje izazivaju njihovu kontrakciju, a tim samim i pokretanje životinja. Sve se to događa prema zakonima mehanike i bez sudjelovanja bilo kojeg oblika svijesti. Dakle, za objašnjenje gibanja životinja nije nužna pretpostavka duše, kao što to nije potrebno kod jednog sata da bi ovaj pokazivao koliko je sati. Samo ljudskoj duši, koju poistovjećuje s ljudskim intelektom, pripisuje Descartes postojanje osjećaja, emocija, itd.¹⁴

Braneci Descartesova stajališta, T. H. Huxley je godine 1874. u jednom eseju napisao da životinje jedu bez užitka, kriče bez ikakva straha, bježe bez straha, ništa ne zahtijevaju, ništa ne znaju, te nas na neki način zavaravaju (obmanjuju) svojom "inteligencijom", kao što pčela simulira matematičara.¹⁵

Cjelokupno mehanicističko naučavanje oslanja se na Newtonovu mehaniku. On je u svoj veliki sustav obuhvatio Keplerove zakone gibanja planeta i Galilejevu mehaniku, a metoda mu se sastojala od stalnog i uzajamnog djelovanja teorije i iskustva. Najmanje čestice tvari on opisuje kao masivne, tvrde, neprobojne, pokretne partikule različitog oblika i veličine. Kao svojstva tih čestica Newton spominje protežnost, čvrstoću, neprobojnost i tromost. Ovdje se može zamijetiti da Newton atome predočava na isti način kao i veća tijela, npr. jabuke i kugle za biljar. Zakoni klasične fizike govore nam što jedan predmet jest, od čega se sastoji, kako se giba ili kako se stavlja u pokret. Ti djelomično jednostavni zakoni objašnjavaju stvar, kao i njezino gibanje, dakle svaki događaj. Novi pojmovi koje je uveo u prirodoslovnu znanost, kao npr. pojam gravitacijske sile, pokazali su se nevjerojatno plodnima i uspješnima. Odatle je bio još samo jedan korak, pa da se iz newtonovske fizike rodi filozofski sustav - mehanicizam: svemir nije ništa drugo nego golem mehanički stroj, a prirodoslovstvena metoda je jedina metoda za spoznavanje istine.¹⁶

¹⁴ Descartes razlikuje nestvorenu (božansku) i stvorenu (konačnu) supstanciju; ova posljednja može biti "res extensa" (materija) i "res cogitans" (duh). Životinje posjeduju samo "res extensa", a čovjek posjeduje i "res cogitans". Životinje su dakle samo strojevi ili automati, ne samo bez razuma već i bez bilo kog oblika svijesti.

¹⁵ Sve gore navedeno ponukalo je biologe ranog XVIII. stoljeća da na životinjama-strojevima obavljaju najstrašnije vivisekcije, uštrcavaju u arteriju i organe živih životinja rastaljeno olovo da bi nakon što se olovo ohladi, mogli bolje proučavati krvne žile. O tome usp. opširnije R. Löw, *Leben aus dem Labor*, München 1985, str. 62-63.

¹⁶ Sam Newton je bio duboko religiozan čovjek i do konca života vjerovao da je Bog stvorio svijet i da prirodni zakoni služe njegovim nakanama.

Međutim, na početku dvadesetog stoljeća otkrilo se da spomenuti zakoni, tj. svi osnovni zakoni kojima objašnjavamo materiju, dakle svaki predmet, nisu valjani. K tome ni gibanje materije se ne temelji, kako se prije mislilo, na tim zakonima. Kod tih otkrića radi se o kvantnoj mehanici čiji je kamen temeljac postavio Max Planck¹⁷ svojom teorijom kvanta, govoreći da svi procesi gibanja u prirodi teku diskontinuirano, a ne kontinuirano, kako se do tada smatralo. Slijedeće važno otkriće jest načelo indeterminacije koje je 1927. proglasio Werner Heisenberg. Suprotno načelu determinizma stare fizike, po kojem iz istih uzroka nužno slijede isti učinci - načelo indeterminacije priznaje samo vjerojatnost slijeda "isti uzrok - isti učinak". Naime, brzina i položaj gibanja elektrona u atomu ne da se kontrolirati niti okovati u zakone, pa fizikalni zakoni ne posjeduju kvalitetu apsolutne determiniranosti za procese u prirodi. Elektroni su sa svoje strane samo diskontinuirani i pojedinačno interminirani kvanti energije.¹⁸ Navedena su otkrića očitovala nešto što su i sami fizičari teško mogli podnijeti. Naime, i njima samima je postalo jasno da je njihova slika svijeta, kojom su objašnjavali ne samo atomsku fiziku već i svoj svakodnevni život, bila pogrešna. Kao posljedica otkrića kvantne fizike dogodilo se za fizičare nešto još gore. Srušena je temeljna postavka fizike prema kojoj je sve materijalno i sve se može objasniti fizikalnim zakonima.¹⁹ W. Heisenberg piše o tome: "kvantna teorija je samo jedan specijalni sektor atomske fizike, a atomska fizika ponovno samo usko ograničeno područje prirodoslovnih znanosti. Možda bi se moglo reći da su se, s obzirom na sliku stvarnosti, najveće promjene dogodile na području kvantne teorije, i u obliku, koji ja kvantna teorija konačno pretpostavila, očito su nove misli atomske fizike koncentrirane ili u neku ruku 'kristalizirane'.²⁰

¹⁷ Više o teoriji kvanta usp. A. Kusić, *Max Planck - fizičar i vjernik*, CUS 4(1992), str. 239-241.

¹⁸ Tako npr. s najvećim pravom i pouzdanjem očekujemo da će voda u posudi nad vatrom uzavreti i ispariti, ali pri tome ujedno dopuštamo da bi se moglo dogoditi i to da bi se voda nad vatrom mogla i smrznuti, samo što je vjerojatnost takvog događaja izvanredno minimalna.

¹⁹ Otkrića moderne kvantne fizike pokazala su da svijet nije *samo* materijalan. Postoji i nešto drugo što se, dolazeći iz nekog drugog nivoa, pretvara u nešto materijalno.

²⁰ W. Heisenberg, nav. dj., str. 14. Riječima predodžba stvarnosti (Wirklichkeitsvorstellung) misli se na shvaćanje da postoje objektivni procesi koji u prostoru i vremenu teku na određeni način, potpuno neovisno o tome promatraju li se ili se ne promatraju. Neki drugi fizičari, kao npr. Planck, Einstein, Schrödinger, de Broglie, Bohm čvrsto su pristajali uz "Wirklichkeitsvorstellung" te su izrazili nadu da će kvantna fizika jednog dana opet moći biti zamijenjena uobičajenim opisivanjem prirode. A. Einstein piše Heisenbergovu učitelju fizičaru Maxu Bornu: "Kvantna fizika je vrijedna poštovanja. Ali jedan unutarnji glas mi kaže da se tu ipak ne skriva cjelovita istina. Teorija nudi mnogo, ali nas tajni Staroga [pod pojmom "Stari" misli Einstein na Boga] gotovo ne približava. U svakom slučaju ja sam siguran da se on ne kocka." A. Einstein, *Briefwechsel 1916-1959*, Hedwig und Max Born, München 1969, str. 118s, 129s. Usp. također R. Riedel, *Die Strategie der Genesis*, München, str. 122; K. Gassen, *Geplante Ewigkeit-Naturwissenschaft-Religion-Evolution*, München 1987, str 20, 38.

Nakon dugogodišnjeg eksperimentiranja i analiziranja otkrilo se da je u kvantnoj fizici nezaobilazan "princip promatrača". Max Born ističe "da se nijedna pojava u atomističkom svijetu ne može opisati ako se ne uzme u obzir promatrača, i to ne samo njegova vlastita brzina, kao što to čini teorija relativnosti, već njegovo cjelokupno ponašanje pri promatranju, položaj i raspored njegovih instrumenata, itd".²¹ Mnogi fizičari smatraju da se zakoni subatomske fizike uopće ne daju formulirati ako se u obzir ne uzme uloga promatrača. C. F. von Weizsäcker objašnjava neodređenost atoma na sljedeći način: "Dakle, ne smijem reći: 'Atom je čestica', ili 'atom je val', nego 'atom je ili čestica ili val, i ja svojim eksperimentalnim rasporedom odlučujem kako će se on manifestirati'."²² Odlučujuće je pritom da je indeterminacija svojstvena samom atomu, a ne da samo egzistira u našem shvaćanju atoma.

Atomima se ne može pripisivati onaj oblik egzistencije kakav susrećemo u jabukama ili biljarskim kuglama i kako je to Newton zamišljao. Heisenberg drži da u eksperimentima o atomskim procesima "imamo posla sa stvarima, činjenicama i pojavama koje su isto tako stvarne kao i bilo koja pojava u svakodnevnom životu. Ali atomi ili elementarne čestice nisu isto tako stvarni. Prije bi se moglo reći da oni tvore svijet tendencija ili mogućnosti, nego svijet stvari i činjenica."²³ Iz toga proizlazi da se ključna koncepcija koja bi rješavala očita protuslovlja u eksperimentalnim rezultatima zove potencija ili mogućnost.

Klasična fizika se svojim modelima mogla lako predočiti, ali je istodobno bila ozbiljno ograničenije. Weizsäcker o tome piše: "Fizikalna slika svijeta devetnaestog stoljeća... prihvatila je naše predodžbene forme, kako one odgovaraju klasičnoj fizici, kao apsolutne, te zbog toga prihvaća neki osjetilno neuočljivi proces samo onda razumljivim ako se taj proces dâ svesti na model prema uzorku onoga što se može primijeniti. Uočljivo je da ovoj predodžbi kao podloga služi misao o jedinstvenoj slici svijeta. Ta slika svijeta bila je velika koncepcija i bilo je samo po sebi razumljivo da ju je fizika koliko je god to bilo moguće slijedila. Međutim, napredak naših spoznaja odlučio je protiv te koncepcije."²⁴ Kvantna fizika je razumljiva, ali se ne da predočiti niti zamisliti. Svijet, kakav nam ga opisuje nova fizika, nije nam neposredno očevidan, kao što je to bilo u staroj, klasičnoj fizici. Realnost kvanta je doduše racionalna, ali se od toga ne može praviti slika.

Na kraju se postavlja pitanje: Koliko su međusobno udaljene izreke: "Na početku bijaše voda" (Tales, na početku filozofije prirode) i

²¹ M. Born, *Physik im Wandel meiner Zeit*, Braunschweig 1966, str. 50.

²² C. F. von Weizsäcker, *Zum Weltbild der Physik*, Stuttgart 1958, str. 30.

²³ W. Heisenberg, nav. dj., str. 156.

²⁴ C. F. Weizsäcker, nav. dj., str. 28.

"Na početku bijaše vodik" (tako u plakativnom pojednostavljenju moderna prirodoslovna znanost - H. von Ditfurth)?²⁵

"Možda bi se mogla dopustiti obrana zločeste tvrdnje da današnji 'eksperti o materiji' u izvjesnom smislu... nisu postali mudriji od onih prvih mislilaca koji su prije više od 2000 godina pokušali materiju čisto spekulativno utemeljiti."²⁶ Čini se da "nije isključeno" - kako zaključuje Stegmüller - "da će na kraju istraživanja elementarnih čestica stajati velika šutnja".²⁷

Zaključak

Uputno je postaviti pitanje: Ili korpuskul ili val, ali ne u smislu ontičke stvarnosti (supstancije), nego u smislu pojavnosti subatomske čestice, ako se one, npr. u fotoefektu, pokazuju kao izbačeni korpuskuli, dok se npr. u interferenciji valova oni međusobno poništavaju. Ujedno se nameće pitanje odakle iz izvornog subatomskeg indeterminiranog kaosa (= nered) među česticama atoma, nastaje kozmos (= red) u daljnjim tvorbama sve do cjeline kozmosa što ga utvrđuje znanost.

Što se tiče šutnje na kraju istraživanja elementarnih čestica, koju pretpostavlja Stegmüller, čini nam se potrebnim naglasiti da se radi o šutnji koja ne ostaje šutnja, već - barem kako tvrde najistaknutije ličnosti suvremene atomske fizike - nameće pitanje o zakonodavcu koji u kaos "Big Banga" unosi logos kozmosa, tako da sâm W. von Braun sintetizira stanje suvremene fizike tvrdnjom da su mu znanost i vjera samo dva različita prozora kroz koja gledamo neograničenost Boga stvoritelja i ograničenost njegovih stvorenja.

ÜBER DAS ATOM - VON DEMOKRITES BIS ZUR QUANTENPHYSIK

Zusammenfassung

Der atomare Materialismus nahm stets an, die kleinsten nicht mehr teilbaren Teilchen wiesen dieselbe Art der Existenz wie die größeren Körper auf. In diesem Jahrhundert hat man entdeckt (Quantenphysik), daß alle Grundgesetze, mit denen wir die Materie erklären, falsch sind. Die Atome bilden eher eine Welt von Tendenzen oder Möglichkeiten, als eine von Dingen und Tatsachen. Am Ende der Elementarteilchenforschung könnte das große Schweigen stehen, daß nach dem Gesetzgeber im Weltall fragt.

²⁵ Usp. također H. von Ditfurth, *Im Anfang war der Wasserstoff*, Hamburg 1972.

²⁶ W. Stegmüller, nav. dj., str. 91.

²⁷ Isto, str. 109s. Stegmüller dalje dodaje: "To i ne bi bila neka tragedija. Zakašnjeli paradoks dvadesetog stoljeća u najmanju ruku bi onda bio savršen." Isto, str. 110.