

Aleksandar Kandić

SABINA HOSENFELDER I KRIZA MODERNE FIZIKE

Stvarnost je samo iluzija, premda veoma uporna.
Albert Ajnštajn

APSTRAKT: Knjiga jedne od trenutno najpoznatijih žena fizičara, Sabine Hosenfelder, Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray, predstavlja povod za raspravu o krizi u koju je zapala moderna fizika, ali i novim tendencijama u fizici kao mogućim načinima da se nastalo stanje prevaziđe. Jedan deo odgovornosti za višedecenijsku stagnaciju u razvoju fizike snose određeni aspekti nasleđa antičke, konkretno pitagorejsko-platonske filozofije, koji su pronašli svoje mesto u modernoj nauci. Kritički uvidi koje iznosi Hosenfelderova veoma su dobro utemeljeni. Ipak, autorki se može zameriti da previđa neke pravce mišljenja u fizici koji predstavljaju snažnu alternativu estetskim teorijskim pristupima, uglavnom inspirisanim starogrčkom filozofijom prirode. Na primer, knjiga fizičara Fritjofa Kapre Tao fizike, ukazuje na mnogobrojne paralele između istočnjačkih sistema mišljenja i fizike 20. veka.

KLJUČNE REČI: pojam lepote, moderna fizika, simetrija, standardni model.

Na prvi pogled paradoksalno, subjektivnost, kao glavni pokretač naših želja, motivacija i aktivnosti, odnosno, uslov mogućnosti autonomnog postupanja i odlučivanja, ujedno je i najveća prepreka ostvarenju naših životnih ciljeva.¹ Kad je reč o prirodno-naučnom saznanju, čini se da je njegov rast i napredak direktno uslovljen sposobnošću i kontinuiranim naporima da lični pogled na svet, obojen raznovrsnim emocijama, vrednosnim procenama i estetskim normama, ostavimo po strani, a prednost damo svemu onome što egzistira nezavisno od nas, dakle, onome što predstavlja objektivnu stvarnost, tj. spoljašnji svet koji najvećim svojim delom odbija da se povinuje volji subjekta. Naravno, ovo je daleko lakše reći, nego učiniti. Kao biološkim jedinkama,

1 Ovaj tekst je nastao u okviru rada na podprojektu „Žene u kriznim vremenim“ koji je deo projekta „Čovek i društvo u vreme krize“, finansiranog od strane Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

prirodno je i očekivano da mnoge od spoljašnjih pritisaka doživljavamo kao neku vrstu ugrožavanja lične egzistencije. Uostalom, u čvrsto izgrađenoj subjektivnosti leži i poreklo našeg (zdravog) nagona za samoodržanjem, tim putem se konstituiše odlučujuća razlika između žive materije, i nežive „hrpe“ atoma i molekula. Međutim, paradoks koji smo zapazili na samom početku, možda ne predstavlja karakteristiku čitavog živog sveta, već pre svega ljudskog bića. Bez obzira na to da li subjektivnost razumevamo sa stanovišta fizike, biologije, filozofije ili psihologije, u njenoj suštinski slobodnoj prirodi nema baš ničega što zabranjuje da ona, pored jedne intimne, lične, najčešće estetski usmerene perspektive, obuhvati i adekvatnu reprezentaciju objektivne, fizičke stvarnosti, o kojoj ponajviše saznajemo putem čula. Prividni sukob između „subjektivnog“ i „objektivnog“ postoji samo zbog toga što smo „subjektivno“ navikli da *definišemo* kao nešto što se nužno suprotstavlja objektivnom stanju stvari. S druge strane, mnogobrojni primeri prirodno-naučnog saznanja, potvrđeni uspešno ostvarenim eksperimentima i predviđanjima, pokazuju da „subjektivno“ ipak može, barem jednim svojim delom, verno da odražava „objektivno“, realno, bez pretenzija na bilo kakvo umetničko, kreativno tumačenje datog stanja stvari. Ovo, razume se, ne znači da jedno živo biće može u potpunosti da ukine distinkciju između subjektivnog i objektivnog, niti bi tako nešto bilo poželjno sa evolutivnog stanovišta, već jedino da izvesni aspekti subjektivnosti mogu da sa dovoljno visokom preciznošću zahvate i opišu fizičku stvarnost. Od toga, na posletku, zavisi i naš biološki opstanak.

Knjiga jedne od trenutno najpoznatijih žena fizičara Sabine Hosenfelder (Sabine Hossenfelder) pod naslovom *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray*² predstavlja povod za raspravu o krizi u koju je zapala moderna fizika, ali i novim tendencijama u fizici kao mogućim načinima da se ta kriza prevaziđe. Kako ćemo videti, jedan deo odgovornosti za nastalo stanje snose određeni aspekti nasleđa antičke, konkretno pitagorejsko-platonske misaone paradigme, koji su pronašli svoje mesto u modernoj nauci, što i Hosenfelderova prepoznaje u svojoj popularno napisanoj, ali plodnoj i prodornoj studiji (Hosenfelder 2018: 28, 31, 37). Upućenijim istoričarima i filozofima nauke dobro je poznato da racionalna, metodološki utemeljena istraživanja prirode započinju upravo sa pitagorejskim muzičkim, tj. akustičkim otkrićima: eksperimentalnim putem utvrđeno je da jednostavne, simetrične podele žice na monokordu proizvode harmonične, lepe i skladne tonove (Guthrie & Fidler 1987: 24–28). Na ovaj (subjektivno-estetski) način došlo se do pragmatične zamisli da kvalitativne razlike u telesnom svetu mogu biti objašnjene putem kvantitativnih, numeričkih odnosa. Međutim, na tom putu ubrzo su se javili veliki problemi, kao što je otkriće iracionalnih brojeva, te je pitagorejski projekat prirodne nauke utemeljene na lepoti i jednostavnosti celobrojnih, simetričnih odnosa morao biti podvrgnut opsežnoj reviziji, što je već u Platonovoj filozofiji prirode rezultiralo „geometrizacijom“ aritmetike i uvođenjem asimetričnih

2 Zanimljivo je da nemačko izdanje ove knjige nosi naslov *Ružni svemir (Das hässliche Universum)*.

relacija u objašnjenje strukture telesnog sveta (Poper 2002: 142-147; Kandić 2021: 127-128). I pored toga, ovaj pitagorejsko-platonski pristup proučavanju prirode ispostavio se toliko uticajnim da smo mi i danas skloni da, ponekad svesno, a ponekad nesvesno, svet posmatramo kroz prizmu simetrije i asimetrije, ili „istog i različitog“,³ premda se u poslednjih nekoliko vekova sve češće javljaju novi, fleksibilniji načini mišljenja, čemu ponajviše i dugujemo veliki napredak u razumevanju fizičkih pojava i procesa.⁴ Fizika je, prema tome, počela od onog što je ljudskom razumu najprepoznatljivije i najjednostavnije, te su mnogobrojne pojave koje se nalaze izvan okvira pomenute pitagorejsko-platonske paradigme dugo ostale neobjašnjene ili, čak, sasvim neapažene. Iz ispravnog uvida da se *neke* pojave mogu objasniti pomoću idealnih, simetričnih relacija, pogrešno se zaključivalo da *sve* pojave mogu biti objašnjene putem takvih estetski, idealistički koncipiranih matematičkih modela.

Jedan od prvih značajnih primera u istoriji nauke koji svedoči o napretku postignutom zahvaljujući napuštanju estetskog, pitagorejsko-platonskog modela prirode jeste Keplerovo (Johannes Kepler) otkriće zakona kretanja planeta u sunčevom sistemu (Hossenfelder 2018: 28-29). Naime, do Keplera (1571-1630), smatralo se da putanje nebeskih tela moraju biti idealno kružne, što je stanovište koje potiče iz pitagorejske filozofije, pa i antičke astronomije uopšte. Odstupanja i očigledne neusaglašenosti astronomskih opservacija sa predloženim geometrijskim modelom rešavane su uvođenjem dodatnih, manjih kružnih kretanja, kao što su tzv. epicikli. Međutim, iako je Kepler, kao mislilac i filozof, bio izuzetno posvećen platonizmu, on je kao astronom jasno uvideo da je upravo *odbacivanje modela idealnih kružnih orbita* jedini ispravan način da se objasne eliptične putanje planeta. Ispostavilo se da jednostavnost i estetičnost antičkog pristupa, u slučaju objašnjenja kretanja planeta, uopšte ne služi svojoj svrsi, već vodi nepotrebnom komplikovanju, netačnim predviđanjima, te i zabrudama u pogledu načina na koji vidljivi svet funkcioniše. S obzirom na to da Keplerovo objašnjenje nije zadovoljavalo *estetske* kriterijume svog vremena, ono je, razume se, u početku naišlo na oštre kritike. Čak se i jedan Galilej (Galileo Galilei) protivio Kepleru, insistirajući na tome da jedino kružno kretanje može biti prikladno nebeskim telima, kao najlepše i najbolje kretanje. No, kao što to obično biva, sudar sa realnim stanjem stvari primorava nas da korigujemo svoje mišljenje i prilagodimo teorijske modele opservacionim podacima. Fizičari i astronomi ubrzo su uvideli da Keplerov model kretanja planeta, iako možda ne uvažava ono što su oni, kao estetski svesna

3 Psihoanalitičar Blanco (Ignacio M. Blanco), inspirisan savremenom fizikom, smatrao je da se delovanje ljudske psihe temelji na iskustvu istog, koje odgovara simetriji, i iskustvu različitog, koje odgovara asimetriji.

4 Primera radi, Milorad Mladenović Faradeja naziva “anti-pitagorejcem”, budući da u detaljnim opisima svojih eksperimenata nikad ne koristi jednačine, niti traga za harmoničnim i lepim odnosima (2008: 332).

bića, smatrali lepim i jednostavnim, zapravo u velikoj meri *pojnostavljuje* objašnjenje tj. predviđanje položaja nebeskih tela u sunčevom sistemu. Navodna „ružnoća“ Keplerovog modela odjednom nam se, putem svoje svrsishodne primene, pokazala kao izuzetna „lepota“, budući da nam na tačniji, neposredniji način pruža uvid u prirodu sveta u kojem živimo. Ovo nikako ne znači da pitagorejsko-platonski pojam lepog kao simetričnog, kružnog, jednakog, pada u zaborav. On svoju ulogu zadržava u domenu umetničkog stvaralaštva. Primer Keplerovog otkrića, kao i mnogobrojni drugi primeri iz istorije nauke, pokazuju nam da distinkcija između našeg *mišljenja* o tome kako bi svet trebalo da funkcioniše, i načina na koji svet *zaista* funkcioniše, može biti izuzetno plodna za razvoj prirodnih nauka. Na taj način se i razvoj fizike može razumeti kao kontinuirani proces korigovanja, tj. usaglašavanja naših teorijskih modela sa realnim, osmotrenim stanjem stvari. Taj proces nije pravolinijski, već se u njemu javljaju oscilacije, nazadovanja koja prate novi krupni prodori.

Stoga, za razliku od Hosenfelderove (str. 30 i dalje), ne bismo trebali da budemo iznenađeni elementima antičke, pitagorejsko-platonske estetske paradigme u modernoj fizici. Subjektivnost, kao sastavni i neizostavni deo normalnog funkcionisanja ljudskog bića, možda može biti *obuzdana* u procesu naučnog istraživanja, ali svakako ne može biti u potpunosti eliminisana. Težnja te subjektivnosti ka „estetskom idealu“, koja proizlazi ne samo iz kulturološkog, istorijskog okvira, već možda i iz naše biološke, unutrašnje strukture, ponekad se ispoljava i kod fizičara izuzetno visokog renomea. Hajzenberg (Werner Heisenberg), u pismu koje je 1958. godine (dakle, u poznom periodu života) uputio svojoj sestri Edit, iznosi sledeću provokativnu misao:

Da ove relacije pokazuju, u svojoj matematičkoj apstrakciji, neverovatan nivo jednostavnosti, jeste dar koji jedino možemo prihvatiti sa skromnošću. Čak ni Platon nije smatrao da one mogu biti tako lepe. Jer te relacije nisu mogle biti izumljene; one su tu još od postanka sveta. (Hosenfelder 2018: 37)

Odakle ova potreba za „estetizacijom“ prirode i njenih zakona? Da li takav estetski pristup na bilo koji način doprinosi našem razumevanju prirode? Kao što je široko poznato, Hajzenberg se već tokom gimnazijskog obrazovanja upoznao sa Platonovom filozofijom, i to naročito sa kosmološkim dijalogom *Timaj*. Međutim, u okviru nekih drugih Hajzenbergovih razmatranja i promišljanja o Platonu, primetno je shvatanje da idealni, apsolutno lepi geometrijski oblici pomoću kojih starogrčki filozof nastoji da objasni postanak sveta, zapravo nemaju nikakvu eksplanatornu moć. Hajzenbergovu pažnju privukla je, pre svega, Platonova, i još više Demokritova ideja da se čulno opažljive, makroskopske pojave mogu objasniti pomoću interakcija mikroskopskih entiteta (Hajzenberg 2009: 20). Zaista, eksperimentalni i teorijski uvidi do kojih je došla moderna, kvantna fizika pokazuju nam da priroda, na onom fundamentalnom, mikroskopskom nivou, retko ili uopšte ne sledi pitagorejsko-platonske principe simetrije, odnosno matematičke lepote. Iako se zapadna nauka razvila na principima grčke

filozofije, čini se da su neka od njenih najnovijih dostignuća daleko bliskija istočnim sistemima mišljenja, u kojim dinamičnost i relativnost, uz svesno zanemarivanje matematičkih i estetskih ideala, igraju daleko bitniju ulogu. Uostalom, i sama Hajzenbergova koncepcija matricne mehanike ni po čemu nije bliska pitagorejsko-platonskom idealu jednostavnosti i estetičnosti, već predstavlja jednu prilično komplikovanu, nezgrapnu teorijsku tvorevinu koja bi trebalo da objasni podjednako komplikovane, kontraintuitivne eksperimentalne rezultate.

Hajzenberg, naravno, nije usamljen u svojim pokušajima da revitalizuje pojam lepote u fizici. Hosenfelderova navodi nekoliko primera savremenih naučnika koji naglašavaju ulogu estetike i estetskog doživljaja u konstituisanju prirodno-naučnog objašnjenja (Hosenfelder 2018: 30-31). Recimo, matematičar Vejl (Hermann Weyl), koji je dao značajan doprinos fizici, tvrdio je da njegov rad uvek teži sjedinjavanju istinitog i lepog, te da u slučajevima kada mora da bira između istine i lepote, on uvek bira *lepotu*. Ovakvo stanovište verovatno ni sam Platon, naročito u poznom periodu stvaralaštva, ne bi prihvatio bez izvesne distance i kritike. Zatim, astrofizičar Milne (Edward A. Milne), smatrao je lepotu ne samo putem koji vodi do znanja, već i jedinim znanjem koje vredi posedovati. U svom govoru održanom 1922. u Kembridžu, Milne je otišao toliko daleko da je tvrdio kako „ružni članci“ zahtevaju opravdanje i objašnjenje, dok „lepi članci“ i „lepe naučne teorije“ u nama izazivaju pozitivne emocije i automatski se nameću kao cilj i ishod naučnog istraživanja. Bez obzira na to što se ovakve misli ponekad izriču u svrhu popularizacije nauke i njenog približavanja širem auditorijumu, zaista je neobično da ih srećemo u periodu ogromnog napretka fizike, eksperimentalnog metoda, i zdravorazumskog, pragmatičkog pristupa. Njihovo je mesto pre u nadahnutim raspravama antičkih grčkih filozofa. Dirak (Paul Dirac) je svoju sklonost prema estetskom pogledu na svet izrazio u obliku moralnog principa: „Naučnik, u svojim nastojanjima da izrazi fundamentalne zakone prirode u matematičkom obliku, treba pre svega da teži matematičkoj lepoti“. U skladu s tim, zamoljen da ukratko eksplicira svoju filozofiju fizike, Dirak je prilikom jednog izlaganja ispisao sledeću rečenicu na tabli: „ZAKONI FIZIKE TREBA DA POSEDUJU MATEMATIČKU LEPOTU“. ⁵ Ovdje je, razume se, izrazito problematično to što koncept „matematičke lepote“ poseduje subjektivni smisao, on nije utemeljen u opservacionim podacima i objektivnom stanju stvari, koji bi trebalo da budu predmet fizike. I sam Platon bio je donekle toga svestan, pa je u dijalogu *Država* istakao da geometrijske figure koje matematičari iscrtavaju nisu idealne, već se samo *zamišljaju* kao idealne (*Resp.* 510d-e). Dakle, nimalo nije jasno na koji način matematički entiteti figurišu u telesnom svetu, a još manje zbog čega bi zakoni prirode trebalo da budu „matematički lepi“. Ajnštajn (Albert Einstein) ponekad govori o matematici kao načinu da se „čistim mišljenjem“ dopre do zakona prirode: „U izvesnom smislu, smatram tačnim

5 Upotrebu velikih slova preuzimam od Hosenfelderove.

da čista misao može pojmiti stvarnost, baš kao su antički mislioci maštali“. Poenkare (Henri Poincaré) je, ugledajući se na Maha (Ernst Mach), isticao ekonomičan karakter estetskog pristupa, smatrajući da nam on olakšava koncipiranje skladnih, jednostavnih teorija, koje s manje ili više uspeha premošćuju jaz između naših subjektivnih nahođenja i realnog stanja stvari.

Kao što smo rekli, ovakve tvrdnje mogu se razumeti kao pokušaj da se nauka i fizika popularizuju i približe „običnom“ čoveku. Međutim, ukoliko ih izgovaraju veličine poput Hajzenberga, Ajnštajna ili Diraka, one mogu imati daleko veći uticaj na buduće generacije fizičara nego što njihovi autori nameravaju. Za manje upućene, to mogu biti prave istine a ne samo duhovite, prikladne metafore, te nam se njihovo uključivanje u rasprave iz filozofije fizike pokazuje čak i *neodgovornim*. Uostalom, kako dobro primećuje Hosenfelderova (Hosenfelder 2018: 31), Dirak – a mi dodajemo, i drugi pomenuti fizičari – osmislili su svoje delotvorne teorijske modele i došli do značajnih otkrića *pre* nego što su pisali i govorili o ulozi estetskog doživljaja u prirodno-naučnom saznanju. Do tih uspeha dovelo ih je pažljivo posmatranje i eksperimentisanje, a ne okretanje antičkom, estetski koncipiranom matematičkom idealu. Priroda, sama po sebi, nije ni lepa, ni simetrična, već su filozofija prirode i fizika započele svoj razvojni put od takvih koncepata usled njihove prepoznatljivosti, tj. bliskosti ljudskom razumu.

Pojmovi simetrije, ali i spontanog narušavanja simetrije, igraju značajnu ulogu u *standardnom modelu* koji za sad prilično uspešno objašnjava strukturu elementarnih delova materije, kao i delovanje tri od ukupno četiri fundamentalne sile (elektromagnetne, slabe i jake nuklearne, ali ne i gravitacione). Hosenfelderova na sledeći način objašnjava pojam simetrije i njegov ekonomičan smisao u fizici:

Na primer, umesto da kažem da je nebo danas plavo na zapadu, na istoku, severu, jugu i jugozapadu, i tako dalje, mogu samo da kažem da je plavo u svim smerovima. Ova invarijantnost u pogledu smera je rotaciona simetrija, i zahvaljujući njoj dovoljno je da opišem kako sistem izgleda u jednom smeru, navodeći zatim da je isti u svim drugim smerovima. Korisnost je u manjem broju reči, odnosno, u pogledu naučnih teorija, u manjem broju jednačina. (Hosenfelder 2018: 33)

U fizici, naravno, postoji veliki broj različitih tipova simetrija, a ovaj primer veoma dobro ilustruje razlog njihove primene u prirodnim naukama. Međutim, ovde odmah treba skrenuti pažnju na nekoliko krupnih problema. Pre svega, ekonomičnost i jednostavnost koje se pripisuju simetriji poseduju subjektivni, estetski smisao: to je jednostavnost *za nas*, što ne mora imati nikakve veze sa postojećim relacijama u prirodi. Već u pogledu primera koji daje Hosenfelderova, može se prigovoriti da nebo, u stvarnim situacijama, nikada nije homogeno plavo, već se na njemu javljaju različite nijanse plave boje koje, ukoliko su veoma slične, samo na prvi pogled deluju ujednačeno. Drugim rečima, primena simetrije u tom slučaju predstavlja samo *proizvoljnu*

(*estetsku aproksimaciju*). Neopravdano je tvrditi da bi pomoću simetrije trebalo objašnjavati sve pojave u prirodi, samo na osnovu srećne okolnosti da teorijski modeli zasnovani na principu simetrije u jednom broju relevantnih slučajeva pružaju zadovoljavajuća objašnjenja i predviđanja. Zaista, mnogobrojni eksperimenti izvršeni na mikro-nivou, pokazali su da objašnjenje nekih pojava zahteva uvođenje pojma *spon-tanog narušavanja simetrije*. Takođe, neke makroskopske pojave, kao što su, na primer, atmosferski procesi, pokazuju izuzetno visok stepen nepravilnosti i haotičnosti, pa ih je stoga veoma teško, pa i nemoguće objasniti putem jednostavnih matematičkih modela u kojim dominira princip simetrije. Insistiranje na principu simetrije, u stvari, veliki broj pojava ostavlja izvan domena nauke i naučnog objašnjenja, a donekle podstiče i „lenjost“ uma. Sve ono što se ne povinuje estetskom zahtevu simetrije, ostaje obavijeno velom „misterije“, smatra se haotičnim, iracionalnim i nepojmljivim. Ali, zar nam Keplerov primer ne pokazuje da se upravo prevazilaženjem estetskih normi svog vremena može doći do novih, korisnih prirodno-naučnih saznanja? Ukoliko je Kepler mogao da zameni jedno veoma specifično, pitagorejsko-platonsko shva-tanje simetrije novim, drugačijim, *prikladnom* pojavi koju nastoji da objasni, zašto bismo se onda mi toliko uporno pridržavali pogleda na svet koji „parazitira“ na su-protnosti simetrije i asimetrije, tj. odsustva simetrije? Zar je nemoguće pristupiti istraživanju prirode bez upliva statičnih, estetski koncipiranih modela objašnjenja?

I pored toga što standardni model, kao što smo naveli, dosta uspešno objašnjava eksperimentalne rezultate, a pritom uključuje i princip simetrije kad god je to opravdano ili poželjno, on neretko postaje predmet osuda. Razlog tome je upravo manjak estetičnosti, odnosno inkompatibilnost sa estetskim normama koje potiču uglavnom iz antičke grčke filozofije. Hosenfelderova piše:

Standardni model, uprkos svom uspehu, nije omiljen kod fizičara. Mičio Kaku (Michio Kaku) ga naziva „ružnim i neprirodnim“, Stiven Hoking (Steven Hawking) kaže da je „ružan i *ad hoc*“, Met Strasler (Matt Strassler) ga odbacuje kao „ružnog i baroknog“, Brajan Grin (Brian Greene) se žali da je standardni model „previše fleksibilan“, a Pol Dejvis (Paul Davies) smatra da on ostavlja utisak „nezavršenog posla“ zato što je način na koji povezuje slabu i jaku električnu silu njegova „ružna odlika“. Tek treba da pronađem nekog kome se dopada standardni model. Šta ga čini toliko ružnim? (Hosenfelder 2018: 79)

Pre svega, u standardnom modelu javlja se veliki broj „uznemirujućih“ (eng. *annoying*) numeričkih vrednosti, kao na primer u pogledu odnosa Higsove mase i mase elementarnih čestica. Reč je o realnim relacijama čije je poreklo teško objasniti putem nekog jednostavnog pravila. S druge strane, one ne deluju ni sasvim slučajne, pa to fizičare navodi na pomisao da bi moglo postojati neko jednostavno objašnjenje. Međutim, šta se podrazumeva pod „jednostavnim“? Moderna eksperimentalna fizika pokazala je da struktura telesnog sveta nije objašnjiva putem pitagorejsko-platonske

teorije o skladnim, lepim i simetričnim odnosima kao što su 1:2, 2:3, 4:3, itd., s obzirom na to da se prilikom merenja često nailazi na veoma nepravilne, „ružne“ odnose, čiji karakter nimalo nije harmoničan. Ali, to i dalje ne znači da ne postoji neki jednostavan princip koji objašnjava mnoge od primećenih realnih relacija. Čak i da taj princip uopšte nije jednostavan, jedini način da ga otkrijemo jeste da pojam matematičkog, estetskog ideala tokom prirodno-naučnog istraživanja ostavimo po strani, a usredsredimo se na posmatranje i analizu eksperimentalnih podataka kao takvih. Hosenfelderova primećuje da i standardni model sadrži *previše simetrije* (Hosenfelder 2018: 80). Upravo je ovo „tvrdočlavo“ insistiranje na simetriji, lepoti i pravilnosti, dovelo do višedecenijske stagnacije u razvoju fizike. Fizika je postala preopterećena polemikama između „estetičara“ i „anti-estetičara“ koji umesto da pažljivo i temeljno ispituju prirodu, uglavnom raspravljaju o neophodnosti lepote matematičkih modela. Duh grčke filozofije ožvirljen je u jednoj novoj, znatno složenijoj formi. Ukoliko uopšte ima smisla na estetski način posmatrati telesni svet u okviru naučnog istraživanja, onda se moramo suočiti sa činjenicom da je on „ružan“, nepravilan, i nepostojan!

Među najupadljivije pokušaje da se u fiziku (ponovo) uvedu čvrste, platoničarski shvaćene estetske norme, spadaju teorija supersimetrije, i teorija struna. Ni jedna ni druga teorija za sad nemaju eksperimentalnu potvrdu, već predstavljaju maštovite tvorevine koje prevashodno zbog svojih dopadljivih matematičkih svojstava privlače relativno veliki broj fizičara i naučnika. Naime, prema teoriji supersimetrije (SUSY), sve čestice koje pripadaju klasi fermiona trebalo bi da imaju odgovarajuću parnu česticu unutar klase bozona. Drugim rečima, prema SUSY, zakoni prirode su invarijantni ukoliko dođe do zamene bozona fermionom, i obratno. Ali, među 25 do sad otkrivenih elementarnih čestica, nisu pronađeni takvi skladni, supersimetrični parovi, s obzirom na to da se razlike u masama i svojstvima čestica ne mogu objasniti pomoću neke jednostavne simetrije. Zbog toga se traga za novim elementarnim česticama koje bi upotpunile ovu sliku stvari (Hosenfelder 2018: 21-22). Na nekin način paradoksalno, neke varijante SUSY uključuju i koncept spontanog narušavanja simetrije, kako bi na adekvatan način inkorporirale realne, izmerene mase čestica. Čini se da priroda ipak ne sledi pitagorejsko-platonske estetske norme, ona je isuviše složena, raznovrsna i nepravilna da bi se njeno ustrojstvo objasnilo jednom tako „lepom“ i jednostavnom teorijom kao što je SUSY. Teorija struna predstavlja još apstraktniji konstrukt, koji se u literaturi ponekad direktno dovodi u vezu sa pitagorejskom filozofijom. U okviru ove teorije, elementarne čestice su predstavljene putem jednodimenzionalnih „bestelesnih“ niti, ili *struna*, koje svojim vibracijama i interakcijama proizvode merljiva telesna svojstva kao što su masa, naelektrisanje, itd. Pritom, strune mogu biti otvorene (u obliku zakrivljene ili prave linije), ili zatvorene (u obliku kružnice koja ne mora biti pravilna). Teorija uključuje i veoma složene, višedimenzionalne matematičke modele. Veoma je zanimljiv način na koji popularni fizičar Kaku (Michio Kaku), zajedno sa svojom kolegicom Tompson (Jennifer Thompson), opisuje neke od osnovnih pretpostavki teorije struna:

Teorija struna može proizvesti koherentnu i sveobuhvatnu sliku prirode slično kao što žica violine može sjединiti sve muzičke tonove i pravila harmonije. ... Poznavanje fizike violinske žice, prema tome, pruža nam opsežnu teoriju muzičkih tonova i dozvoljava nam da predvidimo nove harmonije i akorde. Slično tome, u teoriji struna, fundamentalne sile i različite čestice u prirodi nisu ništa drugo do različiti načini vibriranja žice. (Kaku, M., & Thompson J. T. 1987: 5)

Naravno, glavna namera Kaku i Tompsonove jeste da putem muzičke analogije popularizuju teoriju struna, no, zapanjujuća je sličnost između njihovog objašnjenja i objašnjenja do kojeg su došli pitagorejci prilikom svojih prvih eksperimenata sa monokordom (Kandić 2018). Izgleda da je reč o donekle sličnom načinu mišljenja, koje je samo prilagođeno savremenoj naučnoj terminologiji.

Kritički uvidi koje iznosi Hosenfelderova veoma su dobro utemeljeni. Ipak, autorki se može zameriti da previđa neke pravce mišljenja u fizici koji predstavljaju snažnu alternativu estetskim teorijskim pristupima, inspirisanim stargorčkom filozofijom. Kada kažemo *antička filozofija*, mi najčešće mislimo na grčku filozofiju pod čijim uticajem se dugo razvijala zapadna nauka. Međutim, jedna takođe popularno napisana studija fizičara Kapre (Fritjof Capra), pod naslovom *Tao fizike* (objavljena 1975. godine), ukazuje na paralele između istočnih škola mišljenja, hinduizma, budizma, taoizma i drugih, i prirodne nauke 20. veka, a naročito kvantne i relativističke fizike. Kapra iznosi sledeće značajno zapažanje:

Po mom mišljenju, vremenski orijentisana intuicija istočnjačkog misticizma predstavlja jedan od glavnih razloga zbog kojih njegovo shvatanje prirode, u većini slučajeva, izgleda da mnogo bolje odgovara savremenim naučnim shvatanjima nego što je to slučaj sa shvatanjima većine grčkih filozofa. Grčka filozofija prirode bila je, u celini gledano, u osnovi statična i u velikoj meri zasnovana na geometrijskim postavkama. Ona je bila, moglo bi se reći, krajnje ne-relativistička i njen snažan uticaj na zapadnu misao uistinu bi mogao biti jedan od razloga zbog kojih sad, u savremenoj fizici, imamo toliko poteškoća sa relativističkim modelima. Istočne filozofije su, s druge strane, „prostorno-vremenske“ filozofije, i zbog toga se njihova intuicija često približava onim pogledima na prirodu koji proizlaze iz naših savremenih shvatanja. (Kapra 1989: 203)

Još je možda značajnije Kaprino viđenje razlike između grčke i istočne filozofije u pogledu shvatanja pojma simetrije:

Stav istočnjačke filozofije u odnosu na simetriju stoji u upadljivoj suprotnosti sa stavom starih Grka. Mističke tradicije na Dalekom Istoku često koriste simetrične oblike kao simbole ili kao pomoćna sredstva u meditaciji, ali pojam simetrije izgleda da u njihovoj filozofiji ne igra nikakvu značajniju ulogu. Kao i za geometriju, za simetriju se pre smatra da predstavlja konstrukciju uma, nego neko svoj-

stvo prirode i da prema tome ne poseduje suštinski značaj. ... Izgledalo bi, prema tome, da potraga za fundamentalnim simetrijama u fizici čestica predstavlja deo našeg helenskog nasleđa koji je, na neki način, u suprotnosti sa opštim pogledom na svet koji počinje da niče iz savremene nauke. (Kapra 1989: 307)

Ukratko, u istočnjačkoj filozofiji, prirodi se ne pripisuju izvesni nepromenljivi, fundamentalni aspekti. Telesni svet razumeva se u vidu kontinuirane dinamičnosti, odnosno, kao tok u kom pojave nemaju apsolutnu egzistenciju, već postoje isključivo jedna u odnosu na drugu. Iako su, prema ovom shvatanju, fizičke pojave efemernog karaktera, gotovo iluzorne, za razliku od Parmenida ili Platona, njima nije suprotstavljena nekakva „prava stvarnost“ (u slučaju Platona zamišljena u vidu ideja i matematičkih entiteta), već radije *praznina*.⁶ Prema Kapri, otkrića do kojih je došla savremena fizika, naročito u pogledu strukture subatomske sveta, veoma su bliska intuicijama istočnog misticizma.

Jedan od značajnih, premda nedovoljno poznatih pravaca u savremenoj prirodnoj nauci koji Hosenfelderova propušta da pomene, iako on sadrži inovativne, estetski neutralne ideje, jeste tzv. *nelinearna nauka*. Naime, pedesetih godina prošlog veka, Ulam (Stanislaw Ulam), fon Nojman (John von Neumann), Fermi (Enrico Fermi), i drugi naučnici Nacionalne laboratorije u Los Alamosu, publikovali su prve radove na temu nelinearne nauke. O čemu je reč, pojašnjava nam Kempbel (John Campbell), jedan od direktora Centra za nelinearnu nauku pri pomenutoj laboratoriji, u svom članku inače posvećenom preminulom Ulamu (1987). Pre svega, istraživanja iz nelinearne nauke poseduju *interdisciplinarni karakter*. Nema smisla odvojeno govoriti o nelinearnoj fizici, nelinearnoj hemiji, ili nelinearnoj biologiji, s obzirom na to da savremena istraživačka praksa pokazuje da rešavanje mnogobrojnih problema iziskuje tesnu saradnju naučnika iz različitih oblasti. Dakle, jedan od krupnih razloga za stagnaciju fizike, na šta ukazuje Hosenfelderova, jeste upravo „autističnost“ fizičara mlađe generacije koji, za razliku od velikana prošlosti, nemaju volje da se upuste u široka, interdisciplinarna istraživanja, već se radije zadržavaju u zoni komfora apstraktne, teško razumljive, a često i neaplikativne matematike. Kempbel, naravno, priznaje da je pristup koji su predložili Ulam i kolege izuzetno težak i zahtevan. Ali, čini se da odatle mogu doći i veliki podsticaji daljem razvoju fizike. Osnovnu razliku između linearnih i nelinearnih fizičkih pojava Kempbel rasvetljava putem sledećeg primera:

Kada voda teče kroz cev malom brzinom, njeno kretanje je *laminarno* i predstavlja karakteristiku linearnog ponašanja: pravilnog, predvidivog, koje se može opisati pomoću jednostavnih analitičkih matematičkih termina. Međutim, kada brzi-

6 Kad je reč grčkoj misli, možda je atomizam Leukipa i Demokrita najbliži istočnoj filozofiji prirode. Smatra se da je indijski filozof Kanada (VII vek p.n.e.) prvi uveo pojmove atoma i praznine i time uticao na Leukipa, premda ne postoje nikakvi čvrsti dokazi u prilog toj hipotezi.

na prekorači kritičnu vrednost, kretanje vode postaje *turbulentno*, sa lokalizovanim vrtlozima koji se ponašaju na komplikovan, nepravilan, haotičan način koji je svojstven nelinearnosti. (Campbell 1987: 219)

Bez obzira na to što i nelinearna nauka zadržava u upotrebi „antitetičke“ pojmovne parove kao što su simetrija – asimetrija, ili red – nered, primenjujući ih onda kad je to prikladno, može se primetiti da je ovaj pravac mišljenja daleko otvoreniji za *nepravilnost* kao rasprostranjeno svojstvo fizičkog sveta koje se, u izvesnom broju „srećnih“ slučajeva, može kvantitativno-matematički interpretirati. Ovo, svakako, ide u prilog Kaprinoj tezi da su nove paradigme u prirodnoj nauci bliske istočnjačkoj prirodno-filozofskoj misli.⁷ Nelinearna nauka redefiniše pojam *obrasca* (eng. *pattern*) na takav način da on više ne mora da ima nikakve veze sa lepim, pravilnim i simetričnim poretkom o kom su govorili grčki filozofi. Na kraju krajeva, kako Kempbel primećuje - sledeći Ulama - gotovo sve pojave u prirodi i jesu nelinearnog karaktera (Campbell 1987: 218). Ukoliko bismo bili dosledni, rekli bismo da se *struktura telesnog sveta sastoji iz nepravilnosti koje se, ponekad, na nepravilan način ponavljaju*. Pitajući se zbog čega koncept nelinearne nauke nije zaživeo ranije, Kempbel dolazi do zaključka da je to zato što su se računari, tj. elektronski uređaji za računanje, razvili tek u drugoj polovini 20. veka (Campbell 1987: 223). Ekonomičnost i jednostavnost na kojim su insistirali stari Grci direktno proizlazi iz prirode alata kojim su se služili tadašnji istraživači prirode, a to su, pre svega - šestar i lenjir. Danas je moguće, pomoću računara, obrađivati nepregledne količine izuzetno preciznih merenja, odnosno eksperimentalnih podataka, i u njima tragati za dinamičkim obrascima koji pokazuju vrlo mali, ili faktički *nikakav* stepen pravilnosti i simetrije.

Pomenimo, na kraju, i sve uticajnu kosmološku teoriju *spontanog nastajanja ni iz čega* (CEN). Ona se, takođe, veoma dobro uklapa u Kaprino viđenje savremene fizike – „praznina je oblik, oblik je praznina“, govorili su mnogi budistički i istočnjački mislioci (Kapra 1989: 256). Kao što smo već istakli, u grčkoj filozofiji jedino se atomizam Leukipa i Demokrita približava ovom stanovištu, uvodeći pojam praznine po prvi put u zapadnu misao. Zanimljivo je da Hosenfelderova ni o ovome u svojoj knjizi ne kaže ništa. Iako je temelje savremenog istraživanja vakuuma postavio, uglavnom, Dirak, može se primetiti da intenzivniji razvoj CEN započinje tokom osamdesetih godina prošlog veka, čemu su doprineli radovi Vilenkina (Alexander Vilenkin), Hokinga (Stephen Hawking), Gata (Alan Guth), i drugih istaknutih naučnika. U svom uticajnom članku „Creation of Universes from Nothing“, Vilenkin predlaže „kosmološki model u kom svemir nastaje putem kvantnog tunelovanja doslovno ni iz čega“ (Vilenkin 1982: 25). Ova, za ljudski razum kontraintuitivna ideja, podstaknuta je istraživanjima fluktuacija kvantnog polja, tj. kvantnog vakuuma, gde je zapaženo da

7 Doduše, i Kapri se, baš kao i Hosenfelderovoj, može prigovoriti da u svojoj knjizi ne analizira koncept nelinearne nauke, iako bi to dodatno ojačalo njegov argument.

se u, naizgled praznom prostoru, javljaju virtualne čestice izuzetno kratkog životnog veka. Premda nas termin „doslovno“ koji, možda neoprezno, upotrebljava Vilenkin, upućuje na neku vrstu apsolutnog ništavila, jasno je da u savremenoj fizici nije reč o tome. Savremena fizika došla je do uvida da je prazan prostor, u stvari, ispunjen velikim količinama nestruktuirane energije, koja može poslužiti kao gradivni materijal za formiranje elementarnih čestica i fizičkih, merljivih pojava. Najveći doprinos popularizaciji CEN dao je, čini se, fizičar Kraus (Lawrence Krauss), svojom veoma čitanom knjigom *A Universe from Nothing*. Kraus piše:

Postojanje energije u praznom prostoru – otkriće koje je uzdrimalo naš svet i ideja koja čini osnov širenja kosmosa – samo utvrđuje nešto o kvantnom svetu što je već dobro poznato u okviru laboratorijskih eksperimenata koje sam već opisao. Prazan prostor je komplikovan. To je ključajuća mešavina virtualnih čestica koje uskaču i iskaču iz stvarnosti u vremenu toliko kratkom da ih ne možemo opaziti direktno. (Krauss 2018: 154)

Moderna fizika, zasnovana na posmatranju i eksperimentu, dovodi nas polako ali sigurno do pogleda na svet koji stoji u suprotnosti sa verovanjima mnogih grčkih filozofa. U njemu nema mesta lepote, simetriji, ili subjektivnim shvatanjima koja u velikoj meri odstupaju od primećenog stanja stvari. Struktura telesnog sveta više ne počiva na platoničarski shvaćenim nepromenljivim, matematičkim entitetima, ona je radije jedna efemerna, izrazito dinamična tvorevina, koja igrom slučaja iskrsava u *praznini*, odnosno, rečeno jezikom savremene fizike, ne predstavlja ništa drugo do „fluktuaciju kvantnog polja“.

Prema tome, umesto da, poput Hosenfelderove, predložimo redefinisane pojma lepote kako bismo ga učinili prikladnim objektivnom, prirodno-naučnom pogledu na svet (čitalac će primetiti da smo nešto slično pokušali baveći se Keplerom), ili da, eventualno, insistiramo na „multiplikaciji“ pojma lepote, tako da on ima jedan smisao u nauci, drugi u umetnosti, a treći u nekim drugim oblastima ljudskog života, možda bi najbolje bilo da, ugledajući se na istočnjačke sisteme mišljenja, filozofiju prirode i fiziku u potpunosti oslobodimo estetskih paradigmi. Čini se da jedino u tom slučaju prirodno-naučno mišljenje može delovati na objektivni, svrsishodan način. Kao pojedinci, kao umetnici, ili kao, možda, nemi posmatrači sveta, mi smo slobodni da koncipiramo kakvo god želimo objašnjenje primećenih pojava. Zahtevi egzaktnosti i objektivnosti koje fizika neumoljivo postavlja pred sve one koji žele da se njome bave, nikako ne ugrožavaju slobodu i pravo na subjektivni, manje ili više estetski doživljaj stvarnosti. Štaviše, on je neophodan za normalno funkcionisanje ljudskog bića. Međutim, takođe je neophodno uspostaviti jasne granice između našeg viđenja o tome šta bi svet *trebalo* da predstavlja, i šta on *zaista* jeste. Videli smo, baveći se studijom Hosenfelderove, da moderna fizika ne samo što nije oslobođena estetski koncipiranih teorijskih pristupa, koji vode poreklo iz grčke filozofije, već da oni, ponekad, preuzi-

maju i dominantnu ulogu u promišljanju naučnika i na taj način usmeravaju naučno istraživanje u pogrešnom, neplodnom pravcu. S druge strane, prema Kapri, mnogobrojna otkrića fizike 20. veka koja su radikalno izmenila naš pogled na svet, predstavljaju rezultat načina mišljenja koji je izuzetno blizak istočnjačkoj filozofiji prirode, gde estetske norme, odnosno pojmovi matematičke lepote, simetrije i nepromenljivosti, ne igraju praktično nikakvu ulogu. Svemir, uistinu, ne može biti ni lep, ni ružan – on je, naprosto, takav kakav jeste.

Aleksandar Kandić
Institut za filozofiju
Filozofski fakultet Univerziteta u Beogradu

Literatura

- Brisson, L. & Meyerstein F. W. (1995). *Inventing the Universe*. State University of New York Press.
- Campbell, D. (1987). Nonlinear Science. *Los Alamos Science*, Special Issue, 218-262.
- Green, B. (1999). *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. Vintage Books.
- Guthrie, K. S. & Fideler, D. (1987). *The Pythagorean Sourcebook and Library*, Phanes Press.
- Hajzenberg, V. (2009). *Fizika i metafizika*, Gradac K.
- Hawking, S. & Mlodinow, L. (2010) *The Grand Design*. Bantam Books.
- Hossenfelder, S. (2018). *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray*. Basic Books.
- Kandić, A. (2021). *Između mita i nauke. Rasprava o Platonovoj kosmologiji*. Filozofski fakultet, Beograd.
- Kandić, A. (2018). Pitagorejci i naše vreme. U K. Maricki Gađanski (Ur.), *Antika nekad i sad: značaj, uloga i nasleđe kroz vekove* (str. 128-135). Društvo za antičke studije Srbije.
- Kaku, M. & Thompson J. T. (1987). *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe*. Bantam Books.
- Kapra, F. (1989). *Tao fizike*. Opus.
- Krauss, L. (2012). *A Universe from Nothing*. Free Press.
- Marić, I. (1997). *Platon i moderna fizika*. Filozofski fakultet, Beograd.
- Mladenović, M. (2008) *Velikani fizike*, Knj. 1. Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad.
- Perović, S. (2019). *Kvantna revolucija: otkriće subatomskog sveta*. Heliks.
- Platon. (1993). *Država*. BIGZ.
- Poper, K. (2002). *Pretpostavke i pobijanja*. Izdavačka knjižarnica Zorana Stojanovića.
- Vilenkin, A. (1982). Creation of Universes from Nothing. *Physics Letters*, 117B(1,2), 25-28.
- Šredinger, E. (2007). *Priroda i Grci*. Fedon.

Aleksandar Kandić

Sabine Hossenfelder and the Crisis of Modern Physics
(Summary)

The book of one of the currently most famous female physicists, Sabine Hossenfelder, *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray*, is a reason for discussing the crisis in which modern physics has fallen, as well as new tendencies in physics as possible ways to overcome the situation. Part of the responsibility for decades of stagnation in the development of physics is borne by certain aspects of the heritage of ancient, specifically Pythagorean-Platonic philosophy, which have found their place in modern science. The critical insights presented by Hossenfelder are very well founded. However, the author can be criticized for overlooking some ways of thought in physics that represent a strong alternative to aesthetic theoretical approaches, mostly inspired by ancient Greek natural philosophy. For example, physicist Fritjof Capra's book *The Tao of Physics* points to numerous parallels between Eastern systems of thought and 20th century physics.

KEYWORDS: the notion of beauty, modern physics, symmetry, standard model.