

Tomislav Petković

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, HR-10000 Zagreb
tomislav.petkovic@fer.hr

Nova fizika na LHC-u i nova filozofska istraživanja

Sažetak

Članak je usmjeren ususret paradigmi nove fizike koju treba iznijeti LHC, ali s kritičkim prosuđivanjem toga razvoja pomoću Kuhnovih teza i epistemologije povezanih s modernom fizikom. Promišljanja i prosudbe nove filozofije niču iz LHC-fizike, koja se tumači kao »science universelle« (fizika, tehnologija i filozofija, sve zajedno). LHC, kao najveći sudarivač čestica u svijetu do sada, nije motiviran time da uništi Boga (Deus sive Natura) niti bilo koju vjeru u svijetu, već za otkrivanje novih čestica s njihovim interakcijama i kozmologijom u Prirodi, baš onoliko koliko pružaju LHC-scenariji na Tera-elektron-volt (TeV) skali. Polazeći od ponovnog otkrića fizike Standardnog modela i otkrića Higgsovih bozona, nova fizika na LHC-u ide mogućim putovima u skladu s problemom hijerarhije u suvremenoj fizici. K tome još, SM nije konačna teorija i upućuje se prema ne-standardnoj fizici poput supersimetrije (SUSY), dodanih dimenzija na TeV-skali s kozmološkim posljedicama te ostale scenarije. Ne-standardna fizika, teorija i pokus, predviđa se otvorenom pa je formuliran novi princip agnostičkog eksperimentalizma (AE princip) kao najprikladniji filozofski princip, jer se ne mogu sva opažanja znati/predvidjeti na LHC-u. Čak i ako eksperimentalni program LHC-a krene u krivome smjeru, mnoge će mogućnosti izroniti iz Pandorine kutije fizike. Tada će filozofska promišljanja postati vrlo važna, napose Kuhnovi pogledi kao i naš AE princip te noviji mediteranski razvoj filozofije. Uostalom, standardna paradigma kao i nova fizika na LHC-u ne opisuju svijet u kojemu danas živimo.

Ključne riječi

LHC-fizika, standardni model, paradigma nove fizike, Kuhnova paradigma, ne-standardna fizika, kopernikanska revolucija, Popperov evolucijski model, problem hijerarhije, LHC-scenariji, princip AE, nova filozofija

1. Kuhnova paradigma i paradigma standardne fizike čestica

Nove fronte u suvremenoj fizici i njihova filozofska tumačenja nastaju na putovima velikih prirodoznanstvenih teorija i temeljnih pokusa u fizici. Ontološka i epistemološka uloga same fizike, napose u doticajima s drugim znanostima i primjenama u suvremenim tehnologijama, pretežno se razvija iz novih otkrića u modernoj kvantnoj teoriji, teoriji relativnosti i standardnome modelu fizike čestica i kozmologije, a napose pomoću karakterističnih novih znanstvenih principa koji se nadovezuju na aksiomatiku klasične fizike. S druge strane, važni utjecaji u suvremenu fiziku fokusiraju se iz Kuhnove teorije znanstvenih revolucija i/ili Popperova evolucijskog modela poimanja moderne znanosti.

Na čemu se danas gradi *poiēsis* fizike, kako se ona sučeljava s drugim znanostima i zrcali u mišljenjima što vladaju u tim znanostima te globalno širi u kulturi? Paradigma klasične fizike utemeljena je u eksperimentima, iskustvu i u višoj matematičkoj analizi. Njome se plodno bavio i Th. Kuhn, napose prijelaz-

zom klasične u modernu fiziku 20. stoljeća (Kopernik, Galilei, Newton, Bohr i kvantna teorija, Einstein i teorija relativnosti). Galilei-Newton-Kantova prirodno-znanstvena teorija ili slika svijeta sveopće je ocijenjena dobrom »zatvorenom teorijom«, da upotrijebimo Heisenbergovu terminologiju iz njegovih filozofskih radova o odnosu fizike i spoznaje. Ali ona se ne čini više sigurnim znanstvenim putem za suvremenu znanost, prije svega za suvremenu kozmologiju kao fiziku čestica i svemira ili »svega što jest« – tzv. »cosmoparticle physics« našega vremena. U pogledu razvoja eksperimentalne fizike, laboratorijski pokusi su najljepši i najkorisniji u fizici od Galileijevih vremena do danas, prihvaćeni i u drugim znanostima i u svakodnevnom životu. Nekad su to bili pokusi jednostavnim spravama i uređajima, zasnovani na jednostavnoj fizikalnoj predodžbi onoga što se treba dogoditi. Otkrića povezana s njima su bila velika: otuda i naziv veliki pokusi fizike. Takvih pokusa u povijesti fizike ima puno: prisjetimo se Michelson–Morleyevog pokusa, Millikanovog pokusa, Rutherfordovog pokusa, do brojnih kinematičkih pokusa u nuklearnoj fizici čestica i jezgara kojima su otkriveni sastojci jezgre ili nove elementarne čestice u njoj. Danas, veliki pokusi su akceleratorski pokusi koji uključuju ogromna akceleratorska postrojenja za stvaranje snopova čestica najvećih energija u čijim sudarima, pomoću specijalnih detektora i moćnih računala, sakupljamo nove znanstvene podatke i otkrivamo nove spoznaje važne za fiziku čestica i kozmologiju (standardni model). Nekad su se veliki pokusi u novovjekovnoj fizici izvodili u grupi jednog, dvojice ili trojice fizičara. Suvremeni veliki pokusi su grandiozni na međunarodnoj skali po broju učesnika i država koje ih podržavaju, ali i po tome što ujedinjuju tri najvažnija znanstvena puta naše civilizacije – teoriju, pokus i simulaciju – kao nikada do sada. Pored toga, s njima i za njih se razvija i tzv. četvrti put prema društvu i javnome mnijenju. To je put popularizacije novih znanstvenih spoznaja, očevida i informacija koje pokusi donose, kao i tumačenja konstrukcije i operiranja složenih detektora i izvedbe eksperimenata. To je bitna karakteristika svih akceleratorskih pokusa od CERN-a, BNL-a i Fermilaba (SAD), DESY-a (Njemačka), do KEK-a (Japan). Svaki veliki pokus nužno prati i popularni znanstveni film, letak ili neko drugo tumačenje prema raznolikosti danas raspoloživih javnih medija u širenju informacija.

Najveći akcelerator čestica LHC u CERN-u, smješten u podzemnome divovskom prstenu polumjera 4,3 km i opsega 27 km, ima narav i »globalnog« akceleratora što pripada »svakome i svima« u svijetu u pogledu nove fizike i odgovarajuće spoznajne teorije. LHC je kruna veličanstvenog povijesnog hoda znanosti i tehnike, koji je započeo s ručno napravljenim teleskopima otprije 400 godina što ih je po zakonima geometrijske optike konstruirao Galileo Galilei (1609. i 1610.) te od renesansnog prvotiska *Machinae novae* što ga je objavio Šibenčanin Faust Vrančić 1615. u Veneciji, sa slikama raznih strojeva, konstrukcija i uređaja. Sintagma nove fizike u okviru LHC-a u ovome se tekstu sučeljava, s jedne strane, s najvećim tehnološkim izazovima LHC-postrojenja, a s druge strane sa snovima o novoj fizici i o filozofskim težnjama koje se zasnivaju na njima. Utemeljeno je povezivati interesantne scenarije LHC-a i promišljati ih u svjetlu Kuhnovog povijesnog i filozofskog nauka [1–3], napose na tragu izvrsne Kuhnove formulacije o krucijalnoj međusobnoj poveznici znanosti i tehnologije na jednoj i čovječanstva i društva na drugoj strani. Također, najpoznatiji fizičari, iz najužeg kruga u CERN-u, u svojim predavanjima izlažu i nove spoznajno-filozofske poglede [4–5]. Ne zagovaraju se predviđanja fizike u smislu znanja radi predviđanja (*savoir pour prévoir*), već su temeljni ciljevi otkrića i razumijevanje čestica i njihovih interakcija u

Prirodi, u onim horizontima koju baš scenariji LHC-a predlažu na energijama na Teraskali (tera-elektron-Volt ili 10^{12} eV). To je bit fizike i njezinih fundamentalnih metoda istraživanja u 21. stoljeću. Oko 10. rujna 2008., povodom puštanja u pogon i dobivanja prvih protonskih snopova u LHC-u u CERN-u, zaljuljalo se javno mnijenje u svijetu o ciljevima, svrsi i opasnostima od stvaranja najvećih akceleratorskih protonskih sudara u povijesti fizičkih istraživanja. Spektar tema ili dilema je bio raznovrstan: Konačni sudar između fizike i religije (*Scienza e Fede*)? Veliki prasak nasuprot Bogu? Tko će pobijediti u velikim sudarima: Veliki prasak s evolucijom svemira sa zakonima i simetrijama fizike u njemu ili misterij stvaranja svijeta (Bog) u religiji? Hoće li se dogoditi čudesna komplementarnost između znanosti i vjere? Stvara li LHC u svojem operiranju staze smrti (»death spiral«)¹ i dovodi do smaka svijeta (*eshatòn*)? Postoje li granice najnovijim čudima suvremenih tehnologija? Iz ovakvih suprotstavljenih gledišta, sigurno se možemo sintetski zapitati: postaje li fizika više posvećena (oduhovljena) a religija poznanstvenjena? – pitanje je sad. Ipak, najbolje jednostavne odgovore ovim kontroverznom pitanjima ponudila je CERN-ova Grupa za ocjenu sigurnosti LHC-a (www.cern.ch). Njihovi sigurnosni komentari sabrani su, pretežno, u tri skupine rizika. Prva se odnosi na usporedbu s rizicima od kozmičkog zračenja. Već godinama iskustveno poznajemo kozmičke zrake koje upadaju na Zemlju, u puno većem iznosu od visokoenergijskih čestica koje daje LHC. U tome pogledu, dakle, nema opasnosti kao i s kozmičkim česticama do sada! U pogledu rizika o mogućnostima stvaranja mikroskopskih crnih rupa u LHC-u, posrijedi su tek spekulativne teorije. U pogledu 3. skupine rizika, u pitanjima »nadnaravne« moći u LHC-sudarima, odgovori su sljedeći: stvaranje mjehurâ vakuuma, zatim mikroskopskog *grumenja* tzv. strane materije (*strange matter*) sastavljenih iz donjeg, gornjeg i stranog kvarka zajedno, te stvaranje magnetskih monopola, nisu vjerojatni u LHC-u. Dok se brzo uvidjelo da su strahovi zbog LHC-a neosnovani, nažalost smo vrlo brzo naučili kako ne dolaze »svi dobri učinci« (*bonnes à tout faire*) u fizici iz LHC-a! Dogodio se netrivialni – neočekivani i nepredviđeni – kvar teškog mehaničkog oštećenja 19. rujna 2008. zbog istjecanja helija za supravodičko hlađenje, a sve zbog lošeg električnog kontakta između dvaju magneta. Brojni inženjeri i fizičari su se tijekom 2009. godine bavili dodatnim i detaljnim poslovima rekonstrukcije, te novoj metodologiji postupnih umjeravanja snopova najveće luminoznosti i energije u fizici. Unatoč trenutačnoj zadržci zbog sigurnosnih provjera i tehničko-računalnim usvaršavanjima čitavog magnetskog kanala, među istraživačima u CERN-u i u svijetu vlada optimizam traganja za novom fizikom na LHC-u sve do 2020. godine, na sve većim energijama radi još dubljeg fizikalnog i filozofskog poimanja postanka i evolucije svemira.

LHC i nova fizika nisu motivirani destrukcijom Boga (*Deus sive Natura*) niti bilo koje religije u svijetu. Nova otkrića otvaraju temeljna i zahtjevna pitanja njihovih filozofskih tumačenja. Ovaj članak pokazuje zanimanje i zanos prema novim otkrićima na LHC-u, što počivaju na filozofskim stajalištima agnostičkog eksperimentalizma. Autorski se pristup izvorno ovdje postavlja u otkrivanju pravog motiva za dobro vođenje razuma u LHC-traganjima za novim česticama, vodeći se Descartesovom formulacijom o dobrom vođenju razuma u traganju za istinom u znanostima – iz samog naslova njegove glasovite *Rasprave o*

1

Staza urušavanja neke čestice ili makroskopskog tijela prema crnoj jami jest spirala smrti (»death spiral«). U crnoj rupi gravitacija je toliko jaka da čak niti svjetlost iz nje ne može izaći. U sudarima i/ili spajanjima ma-

sivnih crnih rupa oslobadaju se (mreškaju) u prostor-vremenu gravitacijski valovi odnosno gravitoni (hipotetske čestice koje prenose gravitacijsku silu).

metodi.² Budući da vlada uvjerenje o LHC-u da je »obećana zemlja« za fiziku (*dreamland*) s novom erom znanstvenih otkrića, prirodno je, uz Descartesa [6], tu obećanu zemlju filozofski osvijetliti pomoću Kuhnovih teza i njegove epistemologije, kao jedne od najutjecajnijih povijesnih i filozofskih teorija razvoja znanosti (fizike) u 20. stoljeću. Dodajemo na kraju razlog za dobru hrvatsku recepciju novih fizikalnih otkrića na LHC-u da se ne događaju raskoraci ili zaostajanja u bolonjskoj nastavi fizike, poslijediplomskim i doktorskim sveučilišnim istraživanjima u fizici i tehnologiji kad prva prava izvođenja fizičkih pokusa na LHC-u započnu početkom 2010. godine.

2. Ususret novoj fenomenologiji fizike na LHC-u u CERN-u

U svjetlu Kuhnove teorije znanstvenih revolucija, ipak valja zapitati: jesu li standardni model fizike čestica i kozmologija »zrela« znanost, s usklađenim odazivom i podrškom svih znanstvenika u fundamentalnim pitanjima u tim poljima fizike? Je li ovo naše vrijeme dugi period »normalnosti« koje fundamentalnim istraživačima u znanstvenoj zajednici omogućuje skladnu podjelu rada, na raskrižju od teorijske i eksperimentalne fizike do filozofije i natrag? Odgovore pruža očekivana nova fenomenologija fizike na LHC-u u CERN-u. Ideje u ovome članku nikle su u srpnju 2008. tijekom ljetne međunarodne škole »Nove ideje u fizici čestica« u stogodišnjem liceju u planinskome švicarskome selu Zuozu [4].³ Švicarske ideje su dotjerane i ugrađene u ovaj tekst u Zagrebu, pod motom: Ususret novoj fizici na LHC-u u CERN-u i njegovu uspješnome puštanju u pogon.

Thomas S. Kuhn je poznat kao oštrouman povjesničar i filozof znanosti, čiji su temeljni pojmovi iz povijesti znanosti nezaobilazni za tumačenje povijesti fizike, ali i njezinog aktualnog razvoja. Kuhnovi prvi znanstveni radovi u 1950. i 1951. su posve bili u fizici i primijenjenoj matematici: u fizici čvrstog stanja (energija vezanja monovalentnih metala), a u matematici o zanimljivoj konfluentnoj hipergeometrijskoj diferencijalnoj jednadžbi i njezinim partikularnim rješenjima u obliku reda. Gotovo istodobno »njegov unutrašnji glas« ga upućuje u područje povijesnih razumijevanja fizike i matematike, odabравši specijalna pitanja u tim područjima. Bili su to Kuhnovi interesi za poznate filozofe prirode Boylea, Newtona i teoriju tvari, što se u njegovu životopisu opisuje kao faza neobičnih ili egzotičnih pristupa (»textual oddity«). Prisjetimo se Kuhnovih temeljnih pojmova: unutrašnja dosljednost, nesukladnost ili nesklad, pojmovno podešavanje, kopernikanska revolucija, paradigma, normalna znanost, kriza, nesumjerljivost, teorija ovisnosti ili oslanjanja, princip ne-preklapanja, taksonomija i pojam *jedinosti* (*singleton*), leksikoni ili leksičke strukture itd. Bez njih nije moguće intelektualno poimanje revolucionarnih promjena koje najavljuje LHC-fizika. Postoji, k tome, i pouzdan povijesni dokaz koji podupire izbor Kuhnove epistemologije za tumačenja LHC-otkrića. Kuhn je najistaknutija figura u području povijesti i filozofije znanosti koja je novom teorijom razvoja znanosti zasjala u pravom trenutku: nakon iščežavanja dugog i vladajućeg perioda logičkog empiricističkog programa filozofije znanosti (E. Mach, M. Schlick, R. Carnap, A. J. Ayer, H. Reichenbach, E. Nagel...) kao i dijalektičkog poimanja znanosti i mišljenja, kao vrhunske metafizičke doktrine u marksizmu.

Veliki Hadronski Sudarivač (LHC) u CERN-u je akcelerator najveće luminoznosti protonskih snopova i najveće energije od 14 TeV (teraelektronvolt) u centru njihovog sudara. Fundamentalna motivacija gradnje LHC-a je otkri-

vanje nove fizike, dublje ispod skale od 0,000 000 000 000 001 cm (brojka 1 je na 15. mjestu iza decimalnog zareza). Naime, skala elektroslabog standardnog modela (SM), od oko 10^2 GeV, odgovara približno jednoj stotinki veličine protona. Teorijski najvažniji razlog gradnji jest potpuno razumijevanje Higgsovog mehanizma u fizici čestica i evoluciji svemira. Higgsov mehanizam se zasniva na postulatu sveprotežnog skalarnog polja, koje se veže na sve elementarne čestice dajući im njihove mase. Fizičke Higgsove čestice ili bozoni trebaju biti pobuđenja (ekscitacije) Higgsovog polja. Higgsov mehanizam (Peter W. Higgs, 1964.) je izvorno otkriven za objašnjenje spontanog lomljenja simetrije u elektroslabom modelu, čime nastaju različite mase za prijenosne čestice (W i Z bozone) u tome modelu. Međutim, masa Higgsovog bozona nije precizno postavljena u okviru standardnog modela. Zbog toga se takva teorija drži da nije konačna teorija! U njoj se masa Higgsovog bozona može podešavati ručno ili pak finim podešavanjima, što nas uvodi u fundamentalni problem nove fizike – poznat kao *problem hijerarhije* u fizici. Dakle, pogon LHC-a i veliki eksperimenti na njemu postavljaju globalno u prvi plan problem hijerarhije te pitanje UV doseg modela ili teorije u fizici povezanih s energijskim skalama i zakonima u njoj. Rješavanje problema hijerarhije upućuje na nove *teorije supersimetrije, dodane dimenzije (Extra Dimensions)* i modele *šetnje tehnikolorom (Walking Technicolor)*. U supersimetričnim teorijama vrlo je popularan minimalni supersimetrični model (MSSM). Dodane ili ekstra dimenzije mogu npr. obuhvatiti linearizacije Einsteinovih jednadžbi gravitacije u 5 dimenzija. Tehnikolor označava modele bez Higgsovog polja, na temelju većeg broja fermiona od onog u standardnom modelu i s većom baždarnom grupom simetrija. Veličanstvena eksperimentalna traganja za novim česticama i potvrdama novih teorija i modela događat će se u idućoj dekadi u LHC-u u CERN-u. Ponovnim puštanjem u pogon potkraj 2009. i traganjem za novom fizikom na LHC-u u duhu rješavanja problema hijerarhije, SM fizika se smatra efektivnom teorijom koja je dobra na »niskim energijama«, a koju treba usavršiti i proširiti na višim energijama, na teraskali energije. Problem hijerarhije (*Hierarchy Problem*) – u kontekstu nove fizike na najvećem akceleratoru LHC u svijetu – rađa se iz neobjašnjive stabilnosti energijske skale slabih djelovanja oko 10^2 GeV, što odgovara masi W i Z bozona koji prenose elektroslabu silu, nasuprot Planckovoj skali energije od 10^{19} GeV. Kvadratni omjer ovih dviju energija iznosi 10^{-34} . Čemu i zašto? U svijetu na energijama oko (ili ispod) skale slabih djelovanja, svijet je li-

2

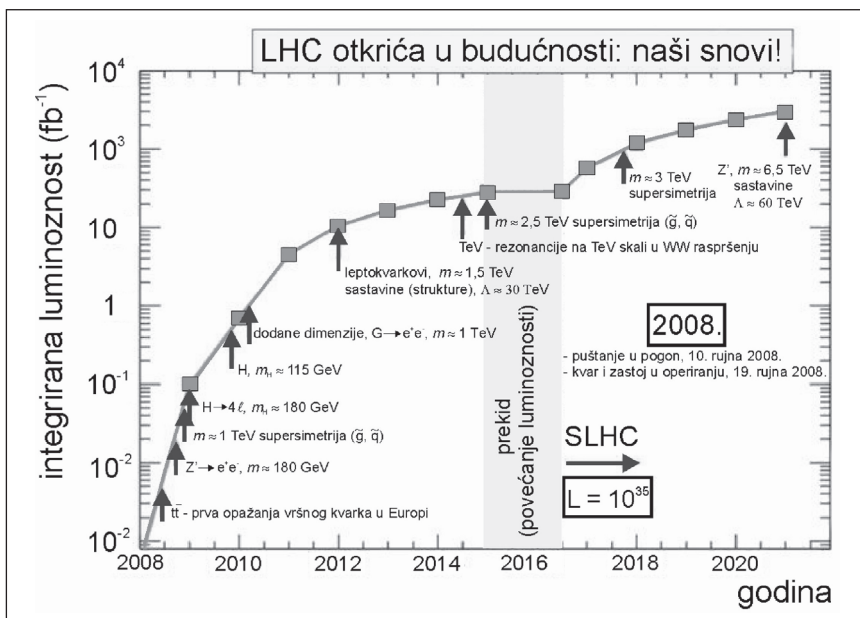
René Descartes, *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences* (1637). Prema knjizi: René Descartes, *Discours de la méthode suivi de La Dioptrique*, Édition établie et présentée par Frédéric de Buzon, Éditions Gallimard, Paris 1991. Čitanje Descartesove *Rasprave o metodi* kao osnovicu za kovanje i promišljanje pojma o agnostičkom eksperimentalizmu započeo sam u Lourdesu u svibnju 2008. kao hrvatski hodočasnik (»pelègrin«) i veteran Hrvatskog domovinskog rata 1991./1992. Bio sam sudionik upečatljivog 16. hodočašća Hrvatske vojske i policije u Lourdes, od 20.–27. svibnja 2008., u sklopu jubilarnog 50. međunarodnog vojnog hodočašća (50^{ème} Pèlerinage Militaire International, Lourdes, 2008.) i 150. obljetnice čudesnih ukazanja Gospe Sv. Bernardici u Lourdesu.

3

U organizaciji Paul Scherrer instituta (CH–5232 Villigen PSI) od 13. do 19. srpnja 2008. u *Lyceum Alpinum* (Zuoz, Engiadina, Švicarska) izvršno je provedena ljetna međunarodna škola pod naslovom »Nove ideje u fizici čestica«. Škola u Zuozu 2008. izvršno je afirmirala brojne nove ideje u fizici čestica i kozmologiji. Ovaj članak se odnosi na glavne ideje traganja (dokazivanje i/ili otkrivanje) novih čestica i proširivanje standardne fizike na LHC-u u CERN-u. Sva održana predavanja u školi Zuoz 2008., mogu se vidjeti na web stranica http://ltpth.web.psi.ch/zuoz_school/previous_summerschools/zuoz2008/.

jepo opisan fizikom standardnog modela (SM). Materija (tvar) je u SM-u izgrađena iz 12 temeljnih fermiona, šest kvarkova i šest leptona razvrstanih u tri njihove obitelji [7]. Sastavni dio SM-a i skale slabih djelovanja jest i Higgsovo skalarno polje, gdje očekivana vrijednost vakuuma nije nula nego daje masu Higgsovog bozona, koji je ključan za generiranje svih standardnih čestica. Međutim, Higgsova masa se rađa iz minimuma Higgsovog potencijala i njezina neodređenost je velika. Do prave vrijednosti Higgsove mase nas dovode kvantne korekcije koje treba fino energijski podešavati. Tu se stvarno javlja teorijski problem hijerarhije u fizici i pitanje *UV dosega* ili *dovršenja* modela ili teorije. S jedne strane je, na skali slabih djelovanja, na djelu stabilnost prema Planckovoj skali, a na drugoj neodređenost i nepotpunost Higgsove mase na toj samoj skali odnosno SM-u u cjelini. Dakle, nužno se moraju razvijati novi modeli ili teorije (nova fizika) iznad standardne fizike, polazeći od elektroslabe skale finim podešavanjima prema većim energijama na teraskali. Otkrivanju i pouzdanim potvrdama takve nove fizike i traganjima za novim česticama služi baš LHC (slika 1). LHC ne bi bio moguć bez stroja računalne hijerarhije (*Hierarchical Computing Model*) u CERN-u jer se radi o ogromnome volumenu informacija, reda veličine 1 petabajt po sekundi ($\sim 1 \text{ PB/s} = 10^{15} \text{ B/s}$ ili 10^9 MB/s). Volumen informacije smanji se u *Graditelju Događaja* na oko 100 gigabajta po sekundi ($\sim 100 \text{ GB/s}$). *Offline Farma* u CERN-ovu računalnom centru obavlja oko 25 tera-instrukcija-po-sekundi ($\sim 25 \text{ TIPS}$), a informacija se dalje odgomilava brzinom od oko 2,5 gigabajta po sekundi ($\sim 2.5 \text{ GB/s}$) u Francusku, Italiju, Ujedinjeno Kraljevstvo i Brookhaven National Laboratory (BNL, SAD). Iz BNL-a se globalno šalje svim institucijama. U CERN-u će se tijekom rada LHC-a dnevno skladištiti po nekoliko terabajta dnevno (TB/d).

Nakon pogrešnog operiranja i kvara (*engineering malfunction*) 19. rujna 2008., ponovno puštanje LHC-a u pogon (*new LHC restart*) zbio se tijekom jeseni 2009., a skupljanje prvih fizičkih podataka očekuje se u proljeće 2010. U rekonstrukciji je svih 53 magnetskih modula izvađeno iz tunela – očišćeno ili popravljeno – te ugrađeno tijekom 2009. ponovo u tunel.⁴



Slika 1. LHC u CERN-u i optimizam traganja za novom fizikom na njemu do 2020. godine.⁵

3. Sumjerljivost fizičara u razvoju fizike.

Je li suvremenoj fizici (*ne*)sumjerljiva Kuhnova paradigma?

U promišljanju razvoja novovjekovne filozofije prirode i fizike, imamo dokaze da Einsteinova teorija gravitacije nije konačno istinita, ali da je ona bolja aproksimacija od Newtonove, a ona pak od Keplerove. To je u modernoj epistemologiji poznati Popperov model aproksimacija znanjâ (teorijâ) prema istini. U argumentiranju svog modela Popper navodi i stavove samih znanstvenika: Newtona, koji svoju teoriju nije smatrao posljednjom riječju, a napose Einsteina, koji je do kraja života vjerovao da je teorija relativnosti tek dobra aproksimacija ujedinjenoj teoriji polja. Th. S. Kuhn ne prepoznaje i ne priznaje koherentni pravac ontološkog razvoja u Popperovoj koncepciji niza znanstvenih teorija kao procesa sve većeg približavanja istini. Kako se doga-

4

U obznajivanju najnovijeg američkog otkrića opažanja pojedinačnog vršnog kvarka u 2009. govorilo se da je Tevatron u Fermilabu naj snažniji akcelerator čestica u pogonu, nasuprot LHC-ju koji je najveći akcelerator čestica u svijetu ali trenutno u zastoju. Započela je europsko-američka znanstvena utrka (ali ne poput atomske bombe). U fizici čestica, američki fizičari i njihovi navijači ponavljaju staru grčku izjavu: Drag nam je LHC u Europi, ali nam je istina iz Fermilaba u Americi draža. Povijesno je prvo opažanje vršnog kvarka izvedeno stvaranjem parova vršnih kvarkova 1995. u Fermilabu. Vršni kvark (*top quark*) najteži je kvark naboja $+\frac{2}{3}|e|$. Pripada trećoj generaciji čestica u standardnome modelu, zajedno s dubinskim kvarkom naboja $-\frac{1}{3}|e|$. Tada je slavni film o otkriću topkvarka pod nazivom »Fermilab: Top Quark Announcement« obišao svijet, a kopiju tog filma autor ovog rada dobio je u Jefferson laboratoriju 2000. za predavanja studentima fizike i tehničkih fakulteta u Zagrebu. Gotovo prvih pola sata filma posvećeno je tumačenju detektora CDF i tehničkome opisu rada tog velikog kalorimetra, koji je vršni kvark »uhvatio« ili »obilježio« pomoću signala dubinskog b-kvarka (*bottom* ili dubinski kvark, tzv. »b-tagging« metoda opažanja). Otkriće u Fermilabu obznanjeno početkom 2009. još je ljepše od prethodnog jer se radi o opažanju jednočestičnog (pojedinačnog) vršnog kvarka. Iz 20 milijardi proton-antiproton sudara u akceleratoru u Fermilabu opaža se pojedinačni vršni kvark u čitavome događaju. U tome događaju, isti CDF detektor rekonstruira smjerove neutrina te signale elektrona iz raspada vršnog kvarka. Mjerenje elektrona u konačnome stanju jedan je od najpouzdanijih dokaza u modernoj eksperimentalnoj fizici da je otkriće dobro. Dvije slavne suradnje CDF i DZero u Fermilabu slavodobitno potpisuju ovo briljantno i čisto otkriće, koristeći sadašnji trenutak zastoja u LHC-u u CERN-u, kao dokaz znanstvene američke superiornosti.

5

Na osi x je tijekom vremena u godinama, a na y osi je skala ukupne luminoznosti LHC-akceleratora koja se mjeri u jedinicama *recipročni femtobarn* fb^{-1} ($1 \text{ fb}^{-1} = 10^{15} \text{ b}^{-1} = 10^{43} \text{ m}^{-2}$). Integrirana luminoznost u pokusima (umnožak luminoznosti i vremena operiranja LHC-a), povećavat će se do velikog prekida rada 2015. godine. U jednoipogodišnjem prekidu, luminoznost L će se na temelju historije pogona LHC povećati za faktor 10, tako da će iznositi $L = 10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. LHC će, nakon uspješnog tehničkog proširenja, dobiti ime super-LHC ili *SLHC* i takav dalje operirati do 2020. godine. Slijedi dinamika predviđenih otkrića (nove fizike) na LHC-u. U prvoj polovici 2010. godine: opažanje prvih vršnih kvarkova u Europi (vršna-antivršna ili $t\bar{t}$ -fizika), te opažanje Higgsove čestice prema SM očekivanjima u raznim kanalima (Z' jest rezonantno 1-spin stanje, a $H \rightarrow 4\ell$ jest četveroleptonski kanal za Higgsov signal). Tijekom 2010. traganje za supersimetričnim česticama (\tilde{g} jest gluino koji ima $\frac{1}{2} \hbar$ spin, kao superpartner standardnome gluonu spina $1 \hbar$, dok je \tilde{q} skvark ili skalarni kvark (spin $0 \hbar$) supersimetrični bozonski partner ili superpartner kvarku). Supersimetrija (SUSY) jest predviđena simetrija između fermiona i bozona, u kojoj svaki elementarni fermion ima bozonskog 'superpartnera' i obratno! Ako SUSY postoji, očekuje se njezino opažanje na energijama $\sim 1 \text{ TeV}$. Na kraju 2010. i u 2011. godini: traganje za malim Higgsum i za gravitonom na fundamentalnoj skali gravitacije (TeV gravitacija, gdje G odgovara produkciji gravitona koji ima spin $2 \hbar$, a supersimetrični gravitino \tilde{G} nosi spin $\frac{3}{2} \hbar$). U razdoblju od 2012. do 2015.: traganje za leptokvarkovima, sastavinama (strukturama) iz kvarka i leptona (*Compositeness*), rezonancijama iz WW raspršenja, te supersimetričnim česticama. U razdoblju od 2016. do 2020.: traganje za supersimetričnim česticama i sastavinama od kvarka i leptona.

đaju promjene teorija i kako se treba uspostavljati njihov niz aproksimacija prema istini jest ono bitno pitanje što traži adekvatno znanstveno-analitičko rasvjetljenje. U Poppera je na tragu kritičkog racionalizma ono urodilo principom falsifikacije – opovrgavanja teorija, koji će kao opći princip virtualno upravljati nizom aproksimacija prema istini jer se opovrgnuta teorija mora mijenjati i uskladiti s iskustvom. Zato se niz aproksimacija prema istini još naziva procesom *trial and error*, vjerojatno prema uspješnim kibernetičkim obrascima. Može se analogijom prema evoluciji – mutaciji i selekciji u njoj – govoriti o znanstvenom toku u kojemu preko znanstvenih teorija, »upravljanih« intuicijom, eksperimentom i njihovim opovrgavanjem, znanost napreduje prema konačnoj istini.

Thomas S. Kuhn,⁶ jedan od najčitanijih i najutjecajnijih povjesničara i filozofa znanosti 20. stoljeća koji je »zanemario znanost zbog njezine povijesti«, tvorac je fundamentalnih izvornih znanstvenih pojmova i alata u poimanju i razvoju znanosti. Njegovo kapitalno djelo *The Structure of Scientific Revolutions* (poznato, u literaturi, pod skraćenicom *SSR*, 1. izd. 1962., 2. izd. 1970.), jedna je od najčitanijih knjiga uopće [1]. Prodana je u preko milijun primjeraka u izdanjima na 16 jezika, a jedna je od najcitiranijih knjiga 20. stoljeća za razdoblje 1976.–1983. u bazi *Arts and Humanities*. Valja podsjetiti da je ona, unatoč globalnoj slavi što ju je stekla kao pojedinačna knjiga, bila izvorno zamišljena kao svezak u nizu 18 monografija na tragu ideja logičkog pozitivizma, u projektu pod obećavajućim naslovom *Osnove jedinstva znanosti (Foundations of the Unity of Science)*. U početnoj rečenici »Predgovora« u knjizi *SSR*, Kuhn tumači da je ona »prvi potpuni izvještaj o projektu izvorno načinjenom otprije petnaest godina«. Pored temeljnih pojmova 'paradigme' i 'normalne znanosti' te 'znanstvenih revolucija' za opis i tumačenje naravi i pravog razvoja znanosti [1] važni su i mnogi drugi Kuhnovi pojmovi. Vrlo važnim nam se čini pojmovno podešavanje (*conceptual readjustment*) kao Kuhnova metoda koju je primjenjivao od početka svojih istraživanja, prije svega u analizi Aristotelovih i Newtonovih tekstova, ne samo kako bi zainteresirao studente nego da bi zahvate i rekonstrukciju u prošlost znanosti usmjerio i unio u sadašnjost, a eventualno i u budućnost. Metodi pojmovnog podešavanja priklanjamo se i mi u oblikovanju ovog dodatka, kad tematiziramo krucijalne pojmove i pitanja iz povijesti i filozofije znanosti, prije svega fizike [2]. Kuhn nije bio opterećen pozitivističkim jedinstvom znanosti i poštivao je »disciplinarnu matricu« (*disciplinary matrix*), kao uvriježenu podjelu područja i polja u znanosti što se rađa i razvija unutar same znanstvene zajednice. Međutim, u drugoj fazi stvaralaštva, više potkraj svog života, Kuhn se naročito bavio interesantnim pitanjem »nesumjerljivosti« (*incommensurability*), zapravo, kako nastaje i kako se potiče nesumjerljivost u znanstvenim revolucijama. Naime, povjesničari znanosti su u ulozi sličnoj kulturnim antropolozima kada započinju istraživati nepoznatu (stranu) kulturu. Valja proniknuti u nepoznati jezik, običaje i povijesni kontekst, a pogotovo rekonstruirati pravo značenje pojedinih pojmova. U fizici je to, pak, najteže! Kuhn upozorava kako u pogledu nastajanja temeljnih pojmova moderne fizike, kao što su očuvanje energije, teorija crnog tijela i sl., osnivači nisu uopće komunicirali o istoj stvari, ili su komunicirali često ni o čemu. Međutim, na početku 21. stoljeća situacija je bitno drukčija i bolja od one na početku 20. stoljeća. Informacijska i komunikacijska tehnologija, s *internetom* kao globalnom računalnom mrežom, omogućuje najbržu i pravu komunikaciju između znanstvenika svih disciplina, područja i kultura.

Gotovo prije pedeset godina Th. S. Kuhn je objavio knjigu o kopernikanskoj revoluciji, otkrivajući njezinu sveopću ulogu u povijesti znanosti [3]. Pojavivši se 1957. ona je povijest znanosti tumačila kao važni dio opće duhovne

povijesti. Knjiga je otkrila pluralnost kopernikanske revolucije, od matematičke astronomije, fizike, kozmologije, filozofije, do religije u njoj, s podnaslovom o planetarnoj astronomiji. Zanimljivo je da je knjiga o kopernikanskoj revoluciji izronila iz Kuhnovog sveučilišnog kolegija »Opće obrazovanje i povijest znanosti« (*General Education and History of Science*) na Harvardu. Zanimljiva su nam danas i Kuhnova gledišta o Einsteinovoj ulozi u fizici i filozofiji, u kontekstu 100. obljetnice Einsteinovih čudesnih revolucija u fizici u 1905. koje su tijekom 2005. obilježene u brojnim zemljama i regijama svijeta. Kuhn drži da je Einsteinova teorija relativnosti, zajedno s Freudovim psihoanalitičkim teorijama, uvelike utjecala i na neznanstveno mišljenje, izazivajući preorijentacije u zapadnome mišljenju.⁷ Uz to, Kuhn smatra da su Aristotelovi pojmovi prostora, pukom koincidencijom, bliži Einsteinovim pojmovima u općoj teoriji relativnosti nego Newtonovim pojmovima. Pogotovo kad se znade da je Einsteinov svemir konačan, kao i Aristotelov, a da Newtonov nije.⁸ U 7. poglavlju »The New Universe« njegove knjige Kuhn briljantno iznosi svoje poglede na bit i doseg kopernikanske revolucije: ona je nepotpuna odnosno nedovršena (*incomplete*) sve dotle dok se ne prilagodi u drugim poljima mišljenja. Slično je bilo i u situaciji moderne znanstvene revolucije na početku 20. stoljeća, koju su potaknuli Planck, Einstein i Bohr. Njihovi pojmovi pokazuju najuže paralele s Kopernikovim pojmom Zemlje – planeta u astronomiji. Pojmovi poput Bohrovog modela atoma i Einsteinovog konačnog ali neograđenog prostora nastali su u specijalnim znanstvenim disciplinama. Oni su velikoj znanstvenoj populaciji u početku ipak bili nevjerovatni. Štoviše, oni su bili u sukobu sa zdravim razumom, fizikalnom intuicijom i temeljnim pojmovima ostalih znanosti.

Ovdje ćemo nabrojiti tek odabrane povijesne primjere iz fizike koji naročito podupiru Kuhnove pojmove paradigme i (ne)sumjerljivosti fizičara. Detaljnije ćemo obraditi dvije suvremene paradigme – one o novoj fizici na LHC-u u CERN-u i suvremenoj kozmologiji – koje pozivaju Th. S. Kuhna i njegovo poimanje znanosti u samo pročeľje suvremene fizike. Kuhn je posebno bio zainteresiran za kvantnu mehaniku, njezino nastajanje i širenje u druge prirodoslovne i tehničke znanosti, napose u filozofiju i spoznajnu teoriju. Poštujući vjerodostojnost pravih izvora, Kuhn je sa svojim studentom J. Heilbronom intervjuirao Nielsa Bohra [8] kao pionira razvoja kvantne mehanike i tvorca Bohrovog modela atoma.⁹ S druge strane, na kraju modernog svršetka 19. stoljeća, u praskozorje kvantne teorije, vladajući ključni pojam je bio onaj crnog tijela. Studenti kolegija iz opće fizike na tehničkim i prirodoslovnim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu danas uče i znaju da u prirodi nema savršenog crnog tijela, ali mu je dobra aproksimacija izotermna šupljina s vrlo malim

6
Thomas Samuel Kuhn (Cincinnati, Ohio, 18. 07. 1922. – Cambridge, Massachusetts, 17. 06. 1996.), diplomirao je i doktorirao fiziku na Sveučilištu Harvard. Cijeli je život posvetio povijesti i filozofiji znanosti kao profesor u tome području. Nastavno i znanstveno pretežno je djelovao na sveučilištu u Berkeleyu, zatim u Princetonu, a potkraj života u Odjelu za jezike i filozofiju na MIT-u. T. S. Kuhn obnašao je dvije važne društvene i kulturno-političke funkcije, važne u potencijalu ovog teksta: bio je predsjednik *Društva za povijest znanosti*, od 1968. do 1970., te predsjednik *Udruge za filozofiju znanosti*, od 1998. do 1990.

7
Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution. Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Twenty-second printing, Harvard University Press, Cambridge (MA) 2001., str. 4.

8
Isto, str. 99.

9
John Heilbron, T. S. Kuhn, »The Genesis of the Bohr Atom«, *Historical Studies in the Physical Sciences* 1 (1969), str. 211–290.

otvorom u zidu šupljine. Vrlo je mala šansa da neka zraka (elektromagnetski val) koja je ušla u šupljinu, iz nje izađe. Ona se višestrukim refleksijama potpuno apsorbira, a kroz otvor izlazi zanemarivi dio toka zračenja. Model idealnog (savršenog) crnog tijela jedan je od najkorisnijih modela u klasičnoj fizici i njezinome mostu prijelaza u kvantnu teoriju. U pogledu pojmotvornog rađanja crnog tijela fizičari s kraja 19. stoljeća nisu poimali isti pojam. L. E. Boltzmann, V. Wien, J. Stefan, G. R. Kirchhoff, W. Thomson, zatim J. W. S. Rayleigh i J. H. Jeans, te M. Planck s kvantnom hipotezom i kvantnomehaničkim zakonom zračenja crnog tijela, su u pogledu tog temeljnog pojma fizike bili nesumjeraljivi. Kuhn smatra da je komunikacija između fizičara toga doba jedva postojala.

U proćelju suvremene fizike značajno mjesto zauzima paradigma moderne kozmologije. U suvremenoj kozmologiji ključni pojmovi su značajno prošireni – formalno-matematički obogaćeni i teorijski poopćeni. Teorija Velikog praska u 20. stoljeću, u našem je vremenu vrlo napredna kozmološka teorija zbog velike eksperimentalne podrške. Međutim, ona je otvorena teorija, koja se i danas usavršava, i nije usklađena u točnosti i preciznosti poput Einsteinove teorije relativnosti, kvantne mehanike ili nuklearne fizike na niskim energijama. Spomenimo samo jedan zanimljiv podatak iz kozmološke riznice: obična (barionska) tvar koja gradi planete, zvijezde, međuzvjezdani plin i žive stvorove čini tek 4 % fizičkog svemira, a 96% čine tamna energija (73%) i tamna tvar (23%). Valja odmah reći da Veliki prasak u kozmologiji nije teorija emergencije, koja je danas vrlo popularna u modernim znanostima i njihovoj povijesti te filozofijskim pitanjima religijâ, napose u dubokim prijeporima između evolucionizma i kreacionizma. Vlada nezadovoljstvo mnogih kozmologa sadašnjim stanjem teorije Velikog praska, unatoč velikim pomacima u pogledu skupljanja novih podataka u kozmologiji i astročestičnoj fizici i usavršavanju točnosti kozmoloških scenarija. Slikovito se govori da je Veliki prasak zapravo Veliki problem. Unatoč tome, najživlje suvremeno kozmološko područje naših dana odnosi se na teorijski najizazovnije pitanje tamne energije i odgovarajućih modela za ubrzano širenje svemira. Četiri teorijske grupe modela se, danas, bave tamnom energijom u svemiru: modeli *kvintescencije*, modeli pseudo Goldstoneovih bozona (*Pseudo Goldstone Boson = PGB*), modeli inspirirani strunama, te modeli brana ili opni. Poznati modeli kvintescencije za vremensku evoluciju tamne energije i fundamentalnu skalu mase u svemiru su: Ratra-Peeblesov model (RP modeli ili potencijali), eksponencijalna kvintescencija, te modeli *k-esencije* za ujedinjavanje tamne enrgije i tamne tvari. U modele inspirirane strunama spadaju modeli s *Čapljinovim plinom* ali i spomenuta *k-esencija*, a modeli brana (opni) dovode do tahiona. Zanimljivo je reći da su fizička polja povezana sa svim spomenutim modelima za tamnu energiju svemira baš skalarna polja. Zato suvremenu kozmologiju resi moto: Svi lijepi učinci kozmologije su skalarna polja (*Bonnes à tout faire*). Valja još naglasiti da će otkriće Higgsovog ili Higgsovih bozona na LHC-u u CERN-u biti ujedno i prvo otkriće temeljnog skalarnog polja u prirodi.

4. Nova fizika na LHC-u i agnostički eksperimentalizam (princip *AE*)

Zašto nova fizika na LHC-u? Barem četiri razloga: (i) novo veliko postrojenje i nova tehnologija supravodičkih magnetâ i sudaranja snopova, (ii) najveće laboratorijske energije (7 TeV + 7 TeV u centru sudara) i novi detektori (najveći volumeni informacija-podataka), (iii) nova otkrića i novi scenariji (problem

hijerarhije) fizike, (iv) paradigma nove fenomenologije i fizike (i filozofije)? U pogledu otkrivanja nove fizike na LHC-u u CERN-u i traganja za novim česticama u najvećem akceleratoru u fizici do danas otvaraju se brojna filozofska pitanja i tumačenja, prije svega na tragu spoznajne teorije. Očekuje se da LHC može dati sigurne i jasne eksperimentalne odgovore o Higgsovom bozonu i poduprijeti Higgsovo polje i sliku spontanog lomljenja simetrije u standardnom elektroslabom modelu. Ako takve eksperimentalne podrške u LHC-u izostanu, dolaze u tome slučaju brojne mogućnosti iz Pandorine kutije fizike u igru: one mogućnosti koje je fizika čestica teorijski već pripremila u okviru problema hijerarhije i UV scenarija (*ultravioletna* ili *UV dovršenja* neke fizikalne teorije) na energijskim skalama povrh Standardnog modela (mali Higgs, supersimetrične čestice, eksperimentalna podloga i zamah prema dodanim dimenzijama). Možda u sadašnjem stanju i trenutku, uoči izvođenja prvih temeljnih eksperimenata na LHC-u potkraj 2009., fizičarima i fizici najbolje odgovara *agnostički eksperimentalizam* (princip *AE*) kao zbiljska filozofska orijentacija. I to ne u smislu izvornog grčkog *agnoeîn* (neznanje, nespoznavanje), ili pak duboko kritičkog Kantovog stajališta o nespoznatljivoj »stvari o sebi«, već onog iskustveno-pozitivističke provenijencije. Filozofski gledajući, eksperimentalni fizičar u CERN-u suočen je s novom eksperimentalnom fenomenologijom: novim karakterističnim spektrima i razdiobama, novim karakterističnim znakovima (*signatures*) u spektrima, do bljeska (*glimpse*) novog otkrića u eksperimentu. Fizičari na LHC-u ne teže predviđanjima u fizici (znanosti) u duhu starih pozitivističkih doktrina, već istraživanjima i razumijevanju čestica i njihovih interakcija u Prirodi na svekolikoj kozmološkoj skali. Descartes je davno razmišljao o vođenju (metodi) *Razuma* u traganju za istinom u znanostima, a LHC bi to u fizici i spoznajnoj teoriji trebao ostvariti na veličanstven način. Doista, valja poštovati novi princip agnostičkog eksperimentalizma. Princip *AE* glasi: uzimati u obzir *prepoznatljivost* ili *uočljivost* (*Erkennbarkeit*) iz *onoga*, odnosno iz *čega* u dobivenim spektrima nešto izranja, te ako je *to* u skladu sa zakonima fizike i priodoznanstvenog iskustva, takve pojave ne valja poricati, već stvarno priznavati. Dakle, ne poimati egzistenciju novih spektara, čestica ili razdioba samo kao moguće, već kao stvarno utemeljene pojave u prirodi, na tragu eksperimentalnih rezultata kao objektivnog mjerila znanstvene istine. Ne treba obnavljati staru filozofsku teoriju adekvacije ili promicati noviju teoriju korespondencije (*Adäquationstheorie* ili *Korrespondenztheorie*) u pogledu odnosa teorije i eksperimenata u fizici na LHC-u. Pitanje »*Adeaequatio theoriae et experimentorum?*« ne može biti univerzalno zato što ne možemo znati (predvidjeti) što će se sve opaziti u spektrima na LHC-u. Adekvacija ili korespondencija između fizikalne teorije, modela, odnosno simulacija, s jedne strane, i eksperimenata, s druge strane, nije baš tako jednostavna. Barem ne u duhu jednostavne i precizne formulacije istine kod Sv. Tome Akvinskog o podudarnosti između mišljenja i stvari (*Veritas est adaequatio intellectus et rei*). Poznati CERN-ov računalni Monte Carlo kôd znakovitog imena Pitija (*Pythia*), po proročici u Apolonovu hramu u Delfima, valja vrlo pomno primjenjivati i podešavati u tumačenjima brojnih eksperimentalnih razdioba što će nastati u LHC-u. Pogotovo u pitanjima egzotičnih razdioba tzv. nečestica (*Unparticles*), varljivih fotona (*fake photons*) i slično, da fenomenologija nove fizike na LHC-u u CERN-u ne bi dovela do krivih rezultata i spoznaja. Tome baš i služi metodološki princip agnostičkog eksperimentalizma koji smo definirali. Spomenimo, k tomu, i rašireno gledanje među fizičarima u pogledu spoznaje Prirode kako je ona mudrija od nas, ali nam i brzo daje odgovore koje još ne znamo.

5. Paradigma nove fizike na LHC-u povrh Kuhnove znanstvene paradigme

Karakteristično pitanje u Kuhnovoj metodologiji glasi: Kako znanstvenik počinje? Koja su to pravila i pomagala za izranjanje teškoća u nepoznatom karakteru promatranog sustava, a koja eventualno dovode do konačnog razrješenja problema? Kako znanstvenici, ponajprije povjesničari znanosti, u svojim procedurama pokušavaju oblikovati i preobraziti (*configure and reconfigure*) proučavani problem prema konačnom rješenju. Kuhn je više puta poletno poduzimao dobro zacrtane znanstvene projekte, napose u 1960-im i 1970-im godinama radi osmišljavanja potpunog i istinitog razvoja moderne fizike. Bila su to istraživanja i utvrđivanja izvora povijesti kvantne mehanike, postanka Bohrovog modela atoma, teorije crnog tijela i kvantnog diskontinuiteta, do briljantnog Planckovog otkrića zakona zračenja crnog tijela. Na tragu Kuhnove metodologije legitimno je pitanje o paradigmi nove fizike na LHC-u, obračavajući ga u drukčiji oblik: je li Kuhnova epistemologija (ne)sumjerljiva novoj LHC-fizici? Štoviše, možemo postaviti da su Kuhnovo poimanje »promjena teorije i njezina nesumjerljivost« u povijesti znanosti baš pravi logički i fizički okvir za raspravu i vrednovanje nove filozofije što izrasta novom fizikom. Zato što dovodi i do krucijalnog pitanja: je li paradigmom nove fizike prelazimo povrh nje – Kuhnove standardne paradigme u njegovoj knjizi *SSR*?

Platonova akademija je bila škola filozofiranja i u njoj organiziranih znanstvenih istraživanja nije bilo [9]. Filozofija i znanost u to doba nisu bili razdvojeni, a znanstveni interesi su bili motivirani filozofijom i bez nje se ništa nije moglo započeti. Platonova tendencija, koja nam se u proćelju suvremene fizike i njezinom horizontu čini dogmatskom, može nam ipak biti pravim putokazom u odnosu znanosti i etike. Bez etičke refleksije o znanstvenim projektima i moralnoj odgovornosti znanstvenika, ništa se uopće ne bi trebalo niti započinjati. Prema Kantu, znanost o zakonima prirode jest fizika ili filozofija prirode, a o zakonima slobode etika ili moralna filozofija. Kantovu shemu ne smijemo potiskivati niti u 21. stoljeću jer bioetička moralnost opstanka nužno promišlja globalnu znanstveno-tehnološku komponentu, ali sudbonosno i moralnu komponentu. Einsteinova etika (Russell-Einsteinov manifest, 1955.) glavna je strujnica u suvremenoj bioetičkoj paradigmi, u kojoj čovjek, priroda i svi oblici života u njoj, ravnopravno razapinju smisao istraživanja i moralnog djelovanja. U pogledu paradigme nove fizike na LHC-u, prisjetimo se i temeljnih Kantovih transcendentnih prirodnih pojmova. Kantova fina filozofska razmišljanja, iz pred-Kuhnovske faze razvoja filozofije, nužno treba uključiti u razmišljanja u ovome članku kao važnu metodološku pripremu. Naime, Kant je sustavnom preciznošću kozmologijske ideje promišljao na prijelazu (proširenju) uvjetovanog prema neuvjetovanome [10]. One se mogu razumjeti polazeći od Kantovih temeljnih i razlučivih pojmova *svijeta* i *prirode*, koji se kadikad zamjenjuju. Pod svijetom se razumijeva matematička cjelina (skup) svih pojava i totalitet njihove sinteze, u velikome kao i u malome odnosno u pogledu bilo sastavljanja bilo dijeljenja u toj sintezi. Taj isti svijet se naziva prirodom kad se gleda kao dinamička cjelina, naglašavajući jedinstvo u opstojnosti pojava više nego na njihovu veličinu. Prirodu po Kantu valja gledati dvojako: adjektivno ili formalno (*adjective*) te supstantivno ili materijalno (*substantive*). Adjektivno ili dodano poimanje znači povezivanje neke stvari prema unutrašnjem načelu kauzaliteta (npr. priroda tekuće materije, priroda vatre itd.). Supstantivno (bitno) se pod prirodom razumijeva skup pojava kad su one prema unutrašnjem načelu kauzaliteta potpuno u vezi (stvari prirode kao cjelina koja postoji). U tome razlučivanju, kozmologijske ideje ili pojmovi su transcendentni prirodni pojmovi, ali imajući posla s osje-

tilnim svijetom, odvede sintezu do neuvjetovanog, prema stupnju koji prelazi svako moguće iskustvo.¹⁰ U svjetlu paradigme nove fizike na LHC-u, njeno sučeljavanje s Kuhnovom epistemologijom nije trivijalni pristup. Vidimo da ono doista pripada i aristotelovskoj metafizici te klasičnoj Kantovoj formulaciji o transcendentnim prirodnim pojmovima, ali naših dana. Ono najteže u tome pristupu jest spoznaja kako nova fizika na LHC-u ne opisuje fizički svijet pojava u kojemu mi danas živimo.

U takvome sveopćem (povijesnom) gledanju na znanost (fiziku i filozofiju), rađa se iznova pitanje: što sa fizikom u 21. stoljeću, napose onom što se ima roditi u LHC-pokusima? Ono i nije baš tako jednostavno! Neprijeporno je da se fizika mora razvijati na autentično znanstveno-spoznajnoj osnovi, ali i na moralno-filozofskoj osnovi. Na obuzdavanju dehumanizacije što se iznenada može rasplamsati na izvorima mnogobrojnih, gotovo svemoćnih, znanstvenih metoda i tehnologije 21. stoljeća. Kao što je rečeno u odjeljku 2, u traganju za istinom u znanostima, Descartes je domišljanjem egzistencije Boga i ljudske duše – kao temeljaca njegove metafizike – u 4. dijelu njegove *Rasprave o metodi* bio uspješan [6]. Mi smo u ovome pristupu, polazeći od Kuhbove epistemologije kao »misaonog alata« za analizu LHC-fizike i nadolazeće paradigme, doista manje uspješni nego Descartes. Domislili smo princip agnostičkog eksperimentalizma (princip *AE*), jer ne možemo znati/predvidjeti sve što će se opažati u LHC-pokusima. U takvoj orijentaciji ne-standardnu fiziku (teorija i pokus) povezanu s LHC-om poimamo kao otvorenu, u kojoj će filozofija biti vrlo važna, napose Kuhnova gledišta u njoj.

6. Zaključci

Th. S. Kuhn je svojim znanstvenim paradigrama zanimljiv i važan, a ne marginalni mislilac u pročelju suvremene fizike i tumačenjima njezinog razvoja. Točna je zaključna prosudba u izvrsnome članku [9] o njegovu nasljeđu u povijesti znanosti, kako je »Tom Kuhn osobno, u svakodnevnome značenju tog pojma, bio *jedinstven*. Svi ćemo bez njega živjeti u drukčijem svijetu.«¹¹ U suvremenoj filozofiji i povijesti znanosti na početku 21. stoljeća, Kuhново i Popperovo shvaćanje znanosti i njene metodologije, premda suprotstavljeno i često kontroverzno tumačeno, pridonose formuliranju pitanja što je središnja točka u svim takvim pothvatima – pitanje utemeljenja budućeg napretka znanosti. Presijecanje Popperovih i Kuhnovih gledišta upravo kroz takvo žarište, pokazuje da su pitanja kako se postižu promjene (prijelazi) teorija u znanosti i kako će se one reflektirati u svekolikoj duhovnoj i kulturnoj aktivnosti, u biti, još otvorena pitanja. Fundamentalni etički postulat odgovornosti fizičara, filozofa i inženjera jedan je od temeljaca u pročelju suvremene fizike i tehnologije. Negativno smo iskusili kako su najveća otkrića fizike u 20. stoljeću

10

Vidi: Prvi odsjek – »Sustav kozmologijskih ideja«, u: Drugo poglavlje – »Antinomija čistoga uma«, Druga knjiga – »O dijalektičkim zaključcima čistoga uma«, Drugi dio – »Transcendentalna dijalektika«, str. 202–206, u: Immanuel Kant, *Kritika čistog uma*, preveo V. D. Sonnenfeld, redakcija i pogovor V. Filipović, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb, 1984.

11

»Tom Kuhn was himself, in a customary sense of the term, a singleton. We will all work

in a different world without him.« Zaključne rečenice u članku: Jed Z. Buchwald i George E. Smith, »The Legacy of Thomas Kuhn for the History of Science«, u: Juan José Saldaña (ur.), *Science and Cultural Diversity. Proceedings of the XXIst International Congress of History of Science, México City 8–14 July, 2001*, Universidad Nacional Autónoma de México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, CD-ROM, 2005., »Plenary lecture«, str. 63–79.

svedena na katastrofične primjene poput atomske bombe, a najveći fizičari (A. Einstein, E. Fermi i W. Heisenberg) izravno ili neizravno sudjelovali u razvoju nuklearnog oružja u doba 2. svjetskog rata.

Na nedavnim svjetskim kongresima o povijesti znanosti (México City 2001., Peking 2005., Budimpešta 2009.) napose se vrlo fino spominje novi *pojam izranjanja (concept of emergence)* kao ključni za poimanje kompleksnih sustava, vrlo izdašan za ključne pojmove u znanostima o životu, zatim za znanost i vjeru te njihovo međuprožimanje. Izvorno je pojam Platonov i u naše vrijeme vrlo uspješno primijenjen u radovima iz filozofije znanosti poznatog matematičara i kozmologa R. Penrosea, o odnosu fizike i svijesti te matematike i stvarnog svemira. Obećavajuće primjene tog koncepta u pitanjima kreacionizma, Boga, do pitanja embrionalnih matičnih stanica u genetici i razumijevanju njihova života (živi i/ili mrtvi embriji), pitanja svijesti u živim stanicama, i ostalih, tek se očekuju u znanostima o životu. Modernu znanost uopće, napose očekivanu novu fiziku na LHC-u u CERN-u, možemo tumačiti globalnom osnovicom suvremenog čovječanstva i mekom silom njegovog ujedinjavanja.¹² LHC-fizika je, danas, zbog prožimanja fizike, tehnologije i filozofije *mathesis universalis (science universelle)*. Njezini su znanstveni programi, također, sveopći: ponovno otkriće standardne fizike u novim pokusima na LHC-u (dotjerivanja datoteke podataka o česticama, tzv. *PDF file*) i otkriće Higgsovih bozona, LHC-traganja za supersimetričnim česticama u okviru minimalnog supersimetričnog modela (*Minimal Super Symmetric Model = MSSM*), do opažanja gravitacijskih valova i učinaka crnih rupa na tetraskali. Nova eksperimentalna otkrića (nova fenomenologija) na LHC-u će se zbivati u raznim kanalima: vršni–antivršni kvarkovi, nove mase čestica pomoću partonskih mlazova (*jets*) i dvo-mlazova (*di-jets*), dvo-bozonskim, dileptonskim i difotonskim kanalima, s novim udarnim presjecima i grananjima u njima.

LHC u CERN-u je već sada najveći spomenik tehnologiji što ga je čovjek izgradio: najveći akcelerator i globalno-računalni laboratorij gdje znanstvenici mogu realno potvrditi fiziku i teorijske modele iznad paradigme standardne fizike čestica. Očekuje se da će LHC u idućim godinama dati sigurne i jasne eksperimentalne odgovore o Higgsovom bozonu. Ako takve eksperimentalne spoznaje u LHC-u zbog nekih razloga izostanu, fizika će koračati prema novim supersimetričnim teorijama ili ekstra-dimenzijama u fizici gravitacije i kozmologiji, koje se traže u 4 dimenzije ili više (>4 dim). Među istraživačima u CERN-u i u svijetu vlada optimizam traganja za novom fizikom na LHC-u, na sve većim energijama do 2020. godine, u programima prema novim idejama, novim oblicima i zakonitostima materije u fizici čestica te kozmologiji o postanku i evoluciji svemira.

Upućujem na dvije izvrsne znanstveno-popularne knjige u svijetu objavljene u 2009. koje dotiču ili potpuno obrađuju LHC i novu fiziku povezanu s njim: jednu iz pera poznatog fizičara u Oxfordu i slavnog popularizatora moderne fizike u medijima F. Closea [11], a drugu iz pera znanstvenika D. Lincolna u Fermilabu [12] u čijem su nastajanju sudjelovali brojni fizičari u CERN-u bilo ispravkama ili savjetima, te brojnim dotjeranim fotografijama i slikama. Posebnu težinu Lincolnovoj knjizi daje »Predgovor« Leona Ledermana, slavnog američkog nobelovca iz fizike. Naglasak je u Ledermanovu »Predgovoru« na *istraživanju* koje stvara novo znanje, a ono omogućuje nove znanstvene alate i instrumente, da bi oni opet omogućili nova otkrića i znanje. Takav novi znanstveni stroj (»a new scientific tool«) jest LHC u čijoj su konstrukciji sudjelovale (po prvi put zajedno) europske zemlje, Kina, Japan, Rusija i SAD, da desetak tisuća fizičara, inženjera, računalnih stručnjaka i tehničara mogu blisko međusobno surađivati novorođenim »slomljenim engleskim jezikom«

(»broken English«). Možda će doista jezik komuniciranja biti isprekidan, ali će LHC zasigurno – na tragu proteklih 80-tak godina akceleratorne povijesti u fizici – eksperimentalno opažati materiju i njene zakone na najsitnijem razmaku od 10^{-19} m i na najvećoj energiji snopa do sada – 10 TeV. LHC će, prema Ledermanu, stoga najbolje do sada u fizici ostvariti most između vanjskog prostora svemira (»outer space«) kojeg čine zvijezde, galaktike i planete s unutrašnjim svijetom elementarnih čestica (»inner space«). Lincolnova knjiga ima lijepo formuliranu strukturu po poglavljima: (1) »Što znamo: standardni model«; (2) »Što odgonetavamo: teorije koje želimo provjeriti«; (3) »Kako to činimo: pomoću Velikog hadronskog sudarivača«; (4) »Kako to opažamo: pomoću golemih detektora«; (5) »Kamo idemo: velikoj slici, svemiru, budućnosti«. Unatoč Kantovskim pitanjima, izgleda nam da je utemeljena filozofska interpretacija očekivane nove fizike na LHC-u ipak izostala u ovoj iznimno lijepo opremljenoj i zanimljivoj knjizi. U knjizi posvećenoj antimateriji, F. Close [11] je LHC tek spomenuo kao mjesto u CERN-u na kojem će se tragati i za hipotetskim *majoronima* u novim eksperimentima, uz one u kozmičkome zračenju. Majoroni su masivni Majorana neutriini (naziv u čast talijanskog teorijskog fizičara Ettorea Majorane), nasuprot poznatih lakoteških neutrina što postoje u tri obitelji standardnog modela fizike čestica. O problemu antimaterije Close je, u dugogodišnjim predavanjima i brojnim radioemisijama, bio učestalo zapitan, a novi uvidi o tome očekuju se baš od LHC-a. U ovom našem članku, nasuprot Lincolnove ili Closeove knjige, snove o novoj fizici, mi filozofijski doživljavamo i tumačimo kao trijadu: *nove prigode – nova fenomenologija – nova fizika na LHC-u (new opportunities – new phenomenology – new physics at the LHC)*. Takvi snovi upućeni su u obliku kratkog elektroničkog pisma novome generalnom direktoru CERN-a od 1. siječnja 2009., što ga je na tragu i u duhu ovog članka poslao autor.¹³

12

Kulturnu različitost kao globalnu – a ne kao suprotnu – osnovicu, razradio je i kao temeljni zaključak donio 21. *Svjetski kongres o povijesti znanosti* (México City, 8.–14. srpnja 2001.). U tome sklopu *astronomija, matematika i medicina* su one znanosti koje su povijesno najviše i najbolje povezivale ljude te najlakše prevladavale barijere između različitih kultura i civilizacija. Mi tome dodajemo i fiziku u našem vremenu!

13

Koliko god bi trebalo ostati činom osobne komunikacije, objavljujemo ulomke iz prigodnog elektroničkog pisma, nadnevka 27. veljače 2009., upućenog generalnome direktoru CERN-a s najboljim željama povodom ponovnog puštanja LHC-a u pogon. Izvorni ulomci iz pisma, pod naslovom »LHC restart Best Opportunities for New Phenomenology and New Physics«, glase:

»Professor Rolf-Dieter Heuer, Director-General of CERN

CERN CH – 1211 Genève 23, Switzerland

Dear Professor Heuer,

...

Please accept all best wishes from Zagreb along the line of the new LHC restart schedule in 2009 as well as for good conducting

of the Reason in running LHC in the future, seeking for the new truths in Nature to be explored at the TeV energy.

We do claim that an engineering malfunction on 19 September 2008 was thought enough the LHC's engineers that will never happen again in the future at any integrated luminosity of the LHC machine. We are, from the distant Croatia, now dreaming within 'a new opportunities – new phenomenology – a new physics' frame of thinking, to be brought soon by the usual LHC operating.

Along the optimism declared in this message w.r.t. the LHC detectors and new physics to be seen by them, please accept an abstract of my paper entitled 'A new physics at the LHC and new philosophical inquiring'. A paper was accepted and to be presented at the '3rd Mediterranean Roots of Philosophy', Split, Croatia, March 26–28, 2009. Our local symposium at Split is really young, coinciding also with a commissioning period of the LHC apparatus, and motivating by the interdisciplinary contacts between philosophers and scientists in Croatia on the Mediterranean ground.

With my greatest respects,

Tomislav Petkovic

University of Zagreb, Croatia«

Novi eksperimentalni zamah na LHC-u krajem 2010. godine

Sredinom listopada 2010. ostvarena je u LHC-u najveća *luminoznost protonskih snopova* u povijesti hadronskih sudarivača: iznosila je $1,01 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ i to baš u točkama sudara snopova u najvećim detektorima ATLAS i CMS na LHC-u. Generalni direktor CERN-a R. Heuer je, povodom tog važnog događaja, na webu CERN-a objavio da su protonski akceleratorско-mjeriteljski ciljevi za 2010. potpuno izvršeni i da je LHC na pravome putu. S najvećom luminoznošću do sada, LHC pruža *cjelovitu (integriranu) luminoznost* veću od 2 pb^{-1} (2 inverzna pikobarna = $2 \times 10^{40} \text{ m}^{-2}$) detektorima ATLAS, CMS i LHCb u opažanju novih udarnih presjeka u prozore nove fizike. Do kraja listopada 2010. protonski će sudari težiti uvećavanju volumena opaženih podataka na LHC-u, kao i tehničkim pripremama za novi dugotrajni pogon (*run*) LHC-a u 2011. godini. Početkom studenoga 2010. LHC mijenja protonski mod rada na ubrzanje i sudare teških olovnih iona s luminoznošću od oko $10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, puno manjom od one protonskih snopova.

Literatura i bilješke

- [1] Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, second enlarged edition, University of Chicago Press, Chicago 1970. / Thomas S. Kuhn, *Struktura znanstvenih revolucija*, prijevod i lektura M. Zelić, pogovor V. Afrić, Naklada Jesenski i Turk, Hrvatsko sociološko društvo, Zagreb 1999.
- [2] Jed Z. Buchwald, George E. Smith, »The Legacy of Thomas Kuhn for the History of Science«, u: Juan José Saldaña (ur.), *Science and Cultural Diversity. Proceedings of the XXIst International Congress of History of Science, México City 8–14 July, 2001*, Universidad Nacional Autónoma de México and Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, CD-ROM, 2005., »Plenary lecture«, str. 63–79.
- [3] Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Twenty-second printing, Harvard University Press, Cambridge (MA) 2001 [prošireno izdanje 1985. iz pera autora, 21. izdanje 2001., Harvard University Press (1. izd. 1957.)].
- [4] Program predavanja pod naslovom »Nove ideje u fizici čestica« od 13. do 19. srpnja 2008. u *Lyceum Alpinum*, Zuoz, Engiadina, Švicarska su na adresi:
http://ltpth.web.psi.ch/zuoz_school/previous_summerschools/zuoz2008/.
- [5] Daniel Treille, ETHZ/CERN, »(Early) Beyond Standard Model (BSM) Physics – 1st lecture; Status and Commissioning of LHC Machine and Detectors – 2nd lecture; LHC Commissioning and (Early) BSM Physics – 3rd lecture; SUSY – 4th lecture«, Lectures of the PSI Summerschool, Zuoz 2008, July 13–19, 2008, http://ltpth.web.psi.ch/zuoz_school/previous_summerschools/zuoz2008/.
- [6] René Descartes, *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences* (1637.). Prema: René Descartes, *Discours de la méthode suivi de La Dioptrique*, Édition établie et présentée par Frédéric de Buzon, Éditions Gallimard, Paris 1991.
- [7] Tomislav Petković, *Eksperimentalna fizika i spoznajna teorija*, uključuje tumač akronima i glosarij, sažetak knjige na hrvatskom i engleskom jeziku te kazala imena i pojmova, Školska knjiga, Zagreb 2005.; 2. izmijenjeno izdanje 2010. (u tisku).
- [8] John Heilbron, Thomas S. Kuhn, »The Genesis of the Bohr Atom«, *Historical Studies in the Physical Sciences* 1 (1969), str. 211–290.
- [9] Karl Jaspers, *Plato*, R. Piper & Co. Verlag, München–Zürich 1976.; 2. Auflage 1983.
- [10] Immanuel Kant, *Kritika čistog uma*, preveo V. D. Sonnenfeld, redakcija i pogovor V. Filipović, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb 1984.
- [11] Frank Close, *Antimatter*, Oxford University Press, Oxford 2009.
- [12] Don Lincoln, *The Quantum Frontier: The Large Hadron Collider*, Foreword by Leon Lederman, The Johns Hopkins University Press, Baltimore (MD) 2009.

Tomislav Petković

A New Physics at the LHC and New Philosophical Inquiring

Abstract

A paper is aiming towards a new physics paradigm to be brought by the LHC with a critical assessing on that development by the Kuhnian theses and epistemology related to modern physics. Thinking and critical assessments on the new philosophy arise up from the LHC physics, which is interpreted as the 'science universelle' (physics, technology, and philosophy, all together). The LHC as the world's largest particle collider as ever been was not motivated neither to destroy God (Deus sive Natura) nor any religion in the World, but to investigate new particles with their interactions and cosmology of the Nature inasmuch as it has proposed by the LHC scenarios on the Tera-electron-Volt (TeV) scale. Starting from the rediscovery of the Standard Model and discovery of the Higgs bosons, the new physics at the LHC goes by the possible roads according to the Hierarchy Problem in contemporary physics. However, the SM is not a final theory by inquiring a Non-Standard physics, such as Supersymmetry (SUSY), Extra Dimensions on the TeV scale with cosmological implications, and other scenarios. A Non-Standard physics, both theory and experiment, is foreseen to be open and a novel view of agnostic experimentalism (AE principle) was formulated to be the best philosophical principle, since we can't know/predict everything to be observed in the LHC. Even if experimental programme of the LHC wouldn't go in the right way, then many possibilities may emerge from the Pandora's Box of physics. Then, philosophical considerations would become very important, particularly Kuhn's views on it including our AE principle and new Mediterranean development of philosophy, respectively. After all, either standard paradigm or the new physics of the LHC doesn't describe the world in which we live.

Key words

LHC physics, Standard model, new physics paradigm, Kuhn's paradigm, Non-Standard physics, Copernican revolution, Popper's evolutionary model, Hierarchy Problem, LHC scenarios, AE principle, new philosophy