

Biblioteka
JANUS

TIM *press*

Biblioteka

JANUS

CARLO ROVELLI

A što ako vrijeme ne postoji?

Naslov izvornika:

Et si le temps n'existait pas?, **Carlo ROVELLI** © DUNOD,
Pariz, 2014., drugo izdanje

© za hrvatsko izdanje:

TIM press d.o.o., Zagreb

Tel.: 01 611 97 13; Faks: 01 611 97 14

E-mail: tim.press@tim-press.hr

www.tim-press.hr

Sva prava pridržana

ISBN 978-953-8075-08-7

Carlo Rovelli

A što ako vrijeme ne postoji?

S francuskoga prevela

Divina Marion

Zagreb, 2015.

SADRŽAJ

Predgovor drugom izdanju	7
Prolog	9
1. Kvantna gravitacija – poseban problem	15
2. Prostor, čestice i polja	21
3. Rađanje teorije petlji	37
4. Interludij: znanost ili trajno istraživanje novih načina mišljenja svijeta	51
5. Petlje: prostorna zrnca, spinske mreže, primordijalna kozmologija i toplina crnih rupa	71
6. Vrijeme ne postoji	93
7. Petlje, strune i ostalo	119
Epilog	135
Zahvale	145
Kazalo	147
O autoru	153

PREDGOVOR DRUGOM IZDANJU

Carlo Rovelli teorijski je fizičar i jedan od začetnika teorije kvantne gravitacije petlji, što je predmet zastrašujuće matematičke poteškoće. Ipak, kad sam se s njime susrela na jednom interdisciplinarnom skupu i čula kako govori o svojem radu, uvidjela sam da to čini toliko jasno i razumljivo da bi ga i petnaestogodišnjak mogao slijediti od početka do kraja, a istodobno i toliko uzbudljivo da bi svaki mladi slušatelj i sam poželio postati fizičar.

Carla Rovellija naći ćemo u prvim redovima tehnologije, no on se nikad ne upušta u akrobacije koje su same sebi svrhom. Drži na oku pitanja koja namjerava razriješiti. Zbog svijesti o njihovoj važnosti pokazuje se kao čarobni popularizator. Shematski, na krajnje jasan način, dočarava sliku opće fizike da bi osvijetlio njezine nedostatke – otvorena pitanja u kojima se današnji fizičari gube.

Osim toga, onkraj fizike, propitkuje znanost u cjelini, njezine odnose s drugim spoznajnim područjima

i njezinu ulogu u društvu. Fizičar nije i ne može biti tehničar odvojen od stvarnosti zato što upravo o stvarnosti i kani govoriti. Svijet što ga propitkuje u čestičnom akceleratoru i svijet u kojem se svakog jutra budi jedno su te isto. Bolje nego uz bilo kojeg drugog znanstvenika, uz Carla Rovellija osjećamo onu snažnu povezanost istraživačkeve aktivnosti s brujanjem svijeta.

Talijanski izdavač Sante Di Renzo pokazao je posebnu pronicavost zatraživši od Carla Rovellija da smisli tekst namijenjen mladim ljudima koji su željni prihvatiti se znanstvene karijere. Iz nekoliko razgovora o fizičarovu životnom putu nastala je knjiga *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio? (Što je vrijeme? Što je prostor?)*

Kad sam i sama, nakon što sam čula njegovo predavanje, došla na ideju da objavim Rovellijevu knjigu, on mi je predložio da proširi taj tekst, razrađujući ga istodobno u smislu znanstvenog sadržaja i u vlastitom promišljanju o znanosti. Ovo je, dakle, oštrij i opsežniji tekst, pravi „misaoni konus“ koji ovdje imamo prilike čitati. Iz njega doznajemo kamo ide sutrašnja fizika i zašto se pridružuje Aristotelu, kako izgleda „zrno“ prostora-vremena i koliko važnu ulogu proučavanje ovakvih pitanja može odigrati na civilizacijskom putu.

Ovo je u manjoj mjeri znanstvena knjiga, a daleko više demonstracija znanstvenog duha, umnog sklopa koji je djeci tako prirodan, a tako ga je teško zadržati.

Élisa Brune,
znanstvena novinarka

PROLOG

Veći dio života posvetio sam znanstvenim istraživanjima, ali mi je znanost postala strast tek u kasnijim godinama. Dok sam bio mlađi, svijet me fascinirao više od znanosti.

Odrastao sam u Veroni, u mirnoj obitelji. Otac, čovjek rijetke inteligencije, diskretan i rezerviran, bio je inženjer i vodio je vlastito poduzeće. Na mene je prenio uživanje u znatiželjnom promatranju svijeta. Majka, prava Talijanka, prepuna ljubavi za sina jedinca, pružala mi je pomoć u „istraživanjima“ kojima sam se bavio u osnovnoj školi i poticala moju žudnju za otkrićima.

Pohađao sam Klasičnu gimnaziju u Veroni, gdje su se grčki jezik i povijest učili više nego matematika. Bila je to ustanova bogata kulturnim poticajima, ali pretenciozna i provincijalna, utaborena u svojoj misiji da štiti privilegije i identitet lokalne buržoazije. Nekoliko nastavnika bili su fašisti prije rata, a duboko u srcu to su i ostali. Bilo je to tijekom šezdesetih i sedamdesetih

godina, a međugeneracijski je sukob bjesnio. Svijet se ubrzano mijenjao. Većini odraslih oko mene bilo je teško prihvatiti te promjene: bili su se ukočili u obrambenim i sterilnim pozicijama. Nisam imao mnogo povjerenja u njih, a još manje u svoje profesore. Stalno sam ulazio u sukob s njima i sa svakim autoritarnim likom.

Mladenačko doba bilo je doba moje pobune. Nisam se prepoznavao u vrijednostima oko sebe, živio sam u potpunoj zbunjenosti i ništa mi se nije činilo sigurnim. Samo mi je jedno bilo jasno: svijet koji sam vidio oko sebe razlikovao se od svijeta koji bih mogao smatrati pravednim i lijepim. Sanjario sam o tome da postanem skitnica i napustim stvarnost koja mi se nije sviđala. Željno sam čitao knjige koje su mi govorile o drukčijem načinu življenja i različitim idejama. Mislio sam da se u svakoj knjizi koju još nisam pročitao krije neko bajoslovno blago.

Za vrijeme studija u Bologni, u sukobu sa svijetom odraslih krenuo sam istim putem kao i najveći dio moje generacije. Željeli smo promijeniti svijet, učiniti ga boljim, manje nepravednim; pronaći novi način da živimo i volimo; eksperimentirati s novim oblicima zajednice; sve iskušati. Cijelo smo se vrijeme zaljublivali i do u beskraj raspravljali. Htjeli smo naučiti stvari sagledavati bez predrasuda.

Bilo je trenutaka kada smo se osjećali zbunjeno, kao i onih kad nam se činilo da naziremo zoru novog svijeta.

Bilo je to vrijeme kad se živjelo od snova. Puno se putovalo: u glavi i cestom, u potrazi za prijateljima i idejama. S dvadeset godina krenuo sam na dugo

putovanje oko svijeta. Htio sam se otputiti u pustolovinu, „potražiti istinu“. Danas se bližim pedesetoj i ta mi naivnost izmamљуje osmijeh, ali mi se ipak čini da je to bio dobar izbor te da na neki način i danas proživljam pustolovinu koja je onda započela. Put nije uvijek bio lagan, ali budalaste nade i neograničeni snovi nisu me napustili; trebalo je samo hrabrosti da ih slijedim.

S grupom prijatelja pokrenuo sam jednu od prvih slobodnih radijskih stanica u to vrijeme, Radio Alice u Bologni. Pristup mikrofonu bio je otvoren svakome tko se htio oglasiti u eteru. Radio Alice miješao je iskustva i utopije. S dvojicom od tih prijatelja napisao sam knjigu o studentskoj pobuni u Italiji krajem 1970-ih godina. No, nade u revoluciju ubrzo su ugušene i uobičajeni poredak opet je prevagnuo. Ne mijenja se svijet tako lako.

Negdje na polovici studija osjetio sam se izgubljenijim nego prije, uz gorak dojam da snovi koji su mi bili zajednički s polovicom planeta već polako nestaju. Nisam imao pojma što ću s vlastitim životom. Uključiti se u utrku za društvenim usponom, graditi karijeru, zarađivati novac i skupljati mrvice moći, sve je to bilo odviše tužno. Nije to bilo za mene. No, preostajao mi je cijeli svijet da ga istražim, a iza oblaka uvijek sam zamišljao neograničeno obzorje.

Onda su mi u susret došla znanstvena istraživanja – u njima sam otkrio neograničen prostor slobode, jednako izvanrednu pustolovinu kao što je bila i prethodna. Do tada sam učio zato što sam morao položiti ispite,

a posebno zato da bih odgodio obvezni vojni rok, no ubrzo me gradivo koje sam proučavao počelo zanimati, a zatim me i strastveno privuklo.

Na trećoj godini programa iz fizike susrećemo se s „novom“ fizikom, fizikom 20. stoljeća: kvantnom mehanikom i Einsteinovom teorijom relativnosti. Te fascinantne ideje, ta izvanredna konceptualna revolucija mijenjaju naš pogled na svijet i drmaju temelje starih ideja, uključujući i one koje smo smatrali najtrajnijima. Kroz njih otkrivamo da svijet ne odgovara svojem prividu. Učimo stvari sagledavati iz drukčije perspektive. To je predivno misaono putovanje. Tako sam se ja ostavio propale kulturne revolucije i posvetio se trajnoj misaonoj revoluciji.

Uz znanost sam otkrio način razmišljanja koji počinje uspostavljanjem pravila za razumijevanje svijeta, a onda je u stanju i mijenjati ta pravila. Ova sloboda u potrazi za znanjem fascinirala me. Potaknut vlastitom znatiželjom, a možda i onim što je Federico Cesi, Galileijev prijatelj i vizionar moderne znanosti, nazivao „prirodnom željom za znanjem“, našao sam se, gotovo to i ne primijetivši, uronjen u probleme teorijske fizike.

Moje zanimanje za tu disciplinu rodilo se dakle više zahvaljujući slučaju i radoznalosti nego svjesnom izboru. U gimnaziji sam bio dobar u matematici, ali sam osjećao da me posebno privlači filozofija. Kad sam se na sveučilištu odlučio za studij fizike, a ne filozofije, razlog za to bilo je moje uvjerenje, potkrijepljeno prezirom što sam ga osjećao prema etabliranim institucijama, kako

su filozofski problemi previše važni da bi se o njima raspravljalo u školi...

Tako sam se, kad se moj san o izgradnji novog svijeta sudario sa stvarnošću, zaljubio u znanost u kojoj postoji beskonačno mnogo novih svjetova, a sve ih tek treba otkriti, te koja mi je nudila priliku da se slobodnim i blistavim putem otputim u istraživanje onoga što nas okružuje. Znanost je za mene bila kompromis koji mi je omogućavao da se ne odrekнем želje za promjenom i pustolovinom, da sačuvam misaonu slobodu i da budem ono što jesam, umanjujući pritom sukobe koje je to podrazumijevalo za moju okolinu. Štoviše, pridonosio sam pothvatu što ga je svijet cijenio.

Vjerujem da intelektualni ili umjetnički rad velikim dijelom proizlazi upravo iz takva postupka. Taj rad nudi svojevrsno utočište za potencijalne otpadnike. Istodobno, društvu su takvi ljudi potrebni zato što ono živi u stanju dinamičke ravnoteže: s jedne strane stoje sile koje osiguravaju njegovu stabilnost i trajnost te sprečavaju da nered uništi ono što je već sagrađeno, a s druge, želja za promjenom i pravdom teži modifikaciji tog društva, njegovu napretku i razvoju. Bez ove želje za promjenom civilizacija nikad ne bi dosegнула točku na kojoj se nalazi, a mi bismo se još uvijek klanjali faraonima.

Mislim da su mladenačka radoznalost i žeđ za promjenom, prisutne u svakoj generaciji, primarni izvor društvene evolucije. Osim likova koji zastupaju poradak i održavaju njegovu stabilnost, ali kočе povijesni razvoj, potrebni su nam i ljudi koji žive od snova i

upuštaju se u otkrivanje novih teritorija, originalnih ideja, neočekivanih načina gledanja i razumijevanja stvarnosti. Današnji svijet osmišljavaju i grade oni koji su u prošlosti bili kadri sanjati. Samo se iz novih snova može roditi naša budućnost.

Ova knjiga prikazuje pojedine faze na putu što sam ga prošao slijedeći vlastitu znatiželju i snove. Govori o fascinaciji idejama i prijateljima s kojima sam se susreo.

1.

KVANTNA GRAVITACIJA – POSEBAN PROBLEM

Na četvrtoj godini studija naišao sam na članak engleskog fizičara Chrisa Ishama, u kojem se govorilo o *kvantnoj gravitaciji*. U članku se objašnjavalo kako u osnovi suvremene fizike leži neriješen temeljni problem vezan uz definiciju vremena i prostora, to jest uz osnovnu strukturu svijeta. Pohlepno sam gutao taj članak. Nisam od njega mnogo razumio, ali očaralo me pitanje koje je u njemu bilo ilustrirano. Evo problema u glavnim crtama.

Žalosno stanje u elementarnoj fizici

Velika znanstvena revolucija dvadesetog stoljeća odvija se u dvije glavne epizode. S jedne je strane tu kvantna mehanika, a s druge Einsteinova opća relativnost. Kvantna mehanika, izvrsno opisujući mikroskopski svijet, duboko je uzdrmala sve što o njemu znamo.

Teorija relativnosti, objašnjavajući upravo gravitacijsku silu, radikalno je izmijenila sve što znamo o vremenu i prostoru. Obje su ove teorije uvelike eksperimentalno potvrđene, a velikim su dijelom omogućile razvoj suvremene tehnologije.

No, ove teorije vode k dvama vrlo različitim načinima opisivanja svijeta, i to na prvi pogled međusobno nespojivima. Čini se da je svaka od njih napisana kao da ona druga ne postoji. Ono što profesor opće relativnosti objašnjava svojim studentima je besmislica za njegovog kolegu koji u susjednoj dvorani predaje kvantnu mehaniku, kao i obrnuto. Kvantna mehanika služi se starim pojmovima vremena i prostora koje opća teorija relativnosti osporava. A opća se relativnost služi starim pojmovima materije i energije koje pak osporava kvantna mehanika.

Ne postoji fizikalna situacija u kojoj bi se obje teorije mogle istodobno primijeniti. Ovisno o razmjeru tih fenomena, u obzir dolazi ili jedna ili druga. Fizikalne situacije u kojima bi se mogle primijeniti obje teorije, kao što su vrlo male udaljenosti, središte crne rupe ili prvi trenutci života u svemiru, uključuju energetske razine koje su našim instrumentima teško mjerljive.

Međutim, mi ne znamo kako bismo artikulirali ova dva velika otkrića; nemamo sveobuhvatan okvir za promišljanje o svijetu. Nalazimo se u shizofrenoj situaciji, uz rascjepkana i međusobno nespojiva objašnjenja. I to do te mjere da zapravo više ne znamo što su prostor, vrijeme i materija. Opća fizika danas je u jadnom stanju.

Sličnih je situacija u povijesti već bilo, primjerice, prije ujediniteljskoga Newtonova djela. Kepler je promatrao planete i zvijezde i za njega su ta tijela opisivala elipse. Galilei je proučavao tijela pri padu na tlo i za njega su se ona kretala slijedeći parabolu. Kopernik je, međutim, shvatio da je Zemlja mjesto kao i svako drugo, to jest da ne znači ništa posebno u svemiru. Može li prema tome postojati teorija koja vrijedi na Zemlji i druga koja vrijedi za nebo? Newton je uspio izmiriti ova dva pogleda u jednoj teoriji: ista se jednadžba primjenjuje na planete i na jabuke koje padaju sa stabla.

Ovo krasno jedinstvo vladalo je tri stoljeća. Sve do početka 20. stoljeća fizika je bila skup prilično koherentnih zakona koji su se zasnivali na malom broju ključnih pojmova kao što su vrijeme, prostor, uzročnost i materija. Usprkos značajnom razvoju, ovi su pojmovi ostali prilično nepromijenjeni. Potkraj 19. stoljeća počela se gomilati unutarnja napetost pa su se tijekom prve četvrtine 20. stoljeća ti temelji raspali pod utjecajem kvantne mehanike i teorije relativnosti. Krasno Newtonovo jedinstvo bilo je izgubljeno.

Obje su teorije, kvantna mehanika i opća relativnost, postigle silan uspjeh i stalnu eksperimentalnu potvrdu pa su danas prihvaćene spoznaje. Svaka od tih dviju teorija modificira konceptualnu osnovu klasične fizike u skladu sa svojim postavkama, ali ne postoji konceptualni okvir koji bi ih *obje* obuhvatio. Posljedica je toga da nemamo načina za predviđanje onoga što će se dogoditi u području u kojem gravitacija počinje pokazivati kvantne učinke u manjim okvirima (10^{-33} cm). Takve su

male dimenzije krajnost, ali mora ih biti moguće opisati. Svijet se ne može pokoravati dvjema međusobno nespojivim teorijama. Fenomeni u tako malim okvirima pojavljuju se u prirodi, primjerice, prilikom velikog praska ili u neposrednoj blizini crne rupe. Želimo li ih razumjeti, moramo biti u mogućnosti izračunati što se u tim razmjerima događa. Valja nam, na ovaj ili onaj način, međusobno izmiriti obje teorije. Ova je zadaća središnji problem *kvantne gravitacije*.

Očito, ovo je težak problem. No drskost dvadesetogodišnjaka na zadnjoj me godini studija navela na zaključak da je to izazov kojem želim posvetiti život. Bio sam zaveden idejom o proučavanju tako temeljnih pojmova kao što su vrijeme i prostor te samom činjenicom da se situacija činila nerazmrsivom.

U Italiji se gotovo nitko nije bavio ovim problemom. Profesori su me usrdno odvrćali od odabira tog smjera: „To je put koji nikamo ne vodi“, „Nikad s tim nećeš naći posao“, ili „Trebao bi se pridružiti jakoj i već organiziranoj ekipi“. No, jedini rezultat razboritih savjeta koje dobivamo od starijih često je tek jačanje radosne mladenačke tvrdoglavosti.

Kao dijete, čitao sam priče talijanskoga pisca Giannija Rodarija. Jedna od njih govori o Giovanninu i cesti koja nikamo ne vodi. Glavni junak živi u selu gdje postoji upravo takav put. No, znatiželjan i tvrdoglav, unatoč onome što svi govore, odluči to provjeriti. Krenuo je spomenutim putem i, naravno, namjerio se na dvorac, a u njemu na kraljevnu koja ga je obasula dragim kamenjem. Kad se, obogativši se tako, vratio

u selo, i ostali su pohrlili istim putem, ali nitko od njih više nije našao nikakva blaga. Ta mi je priča ostala u sjećanju. S kvantnom gravitacijom bio sam našao put koji me po općem mišljenju neće nikamo dovesti. A ja sam, zahvaljujući njemu, našao svoju kraljevnu i mnogo dragog kamenja.

