

Gregor Tomc, Erik Margan

# POSODA MINEVANJA

Razumevanje prostora in časa  
v fiziki in znanostih o življenju

Ljubljana 2015

Gregor Tomc, Erik Margan

## POSODA MINEVANJA

Razumevanje prostora in časa v fiziki in znanostih o življenju

Založnik: Fakulteta za družbene vede, Založba FDV

Za založbo: Hermina Krajnc

Copyright © FDV, 2015

Knjižna zbirka Humanistika in narovoslovje

Urednika zbirke: Iztok Simoniti in Gregor Tomc

Recenzenta: prof. dr. Borut Paul Kerševan in red. prof. dr. Marko Uršič

Jezikovni pregled: Majda Degan

Naslovnica: Darinka Knapič po idejni zasnovi Jureta Kocbeka

Prelom: EMMA

Knjiga se tiska kot sprotni tisk.

Ljubljana 2015

Izid knjige je podprla Javna agencija za raziskovanje Republike Slovenije.

---

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

113/119

TOMC, Gregor

Posoda minevanja : razumevanje prostora in časa v fiziki in znanostih o življenju  
/ Gregor Tomc, Erik Margan. - Ljubljana : Fakulteta za družbene vede, 2015

ISBN 978-961-235-764-1

1. Margan, Erik

282549248

# Kazalo

Pinč ali KAJ MISLIJO DRUŽBOSLOVEC, FIZIK, PES, TEOLOG IN ZAJEC O PROSTORU IN ČASU? (Gregor Tomc) .....	5
O <i>PROSTORČASU</i> (MINKOWSKEGA) V PROSTORU IN ČASU: NEKAJ RAZREŠENIH IN NEKAJ NERAZREŠENIH VPRAŠANJ (Erik Margan).....	19
Pasti poenostavljanja .....	21
Težave s filozofijo .....	24
Težave z znanostjo .....	30
Težave s filozofijo znanosti .....	40
Težave z objektivno realnostjo in njenim znanstvenim opisom .....	49
PROSTOR IN ČAS – ARGUMENTI ZA DRUGAČNO PARADIGMO (Erik Margan) .....	69
Povzetek .....	71
Uvod v »nove« ideje .....	71
Znanost kot umetnost modeliranja .....	73
Nenavadni fizikalni svetovi: ukrivljeni <i>prostorčas</i> .....	80
Nenavadni fizikalni svetovi: dualnost in nedoločeno .....	84
Nekateri nerešeni fizikalni problemi .....	93
Lastnosti ujete svetlobe .....	100
Elektromagnetne lastnosti prostora .....	103
Termodinamika, svetloba in problem časa .....	117
Čas kot fizikalna dimenzija ne obstaja! .....	122
Brezčasna prihodnost.....	122
Namesto zaključka .....	125
Dodatek: elektromagneti val in foton .....	127

RESNIČNOST REALNOSTI

(Gregor Tomc).....	135
Uvod .....	137
Narava .....	147
Prostor in čas .....	210
Sklep .....	302

ALICA V ČUDEŽNI DEŽELI ali RADOVEDNOST SE SPLAČA!

(Erik Margan).....	333
--------------------	-----

Pinč  
ali  
KAJ MISLIJO  
DRUŽBOSLOVEC, FIZIK,  
PES, TEOLOG IN ZAJEC  
O PROSTORU IN ČASU?

Gregor Tomc\*

---

\* Oddelek za kulturologijo, Fakulteta za družbene vede, Univerza v Ljubljani.



O prostoru in času največkrat ne razmišljamo. Sta enostavno sestavni del vsega, kar počnemo. Če pa se za to vendarle odločimo, ugotovimo, da ju ne razumemo. Kot na primer Avrelij Avguštin, ki je o času zapisal (1984: 253):

»Kaj je torej čas? Če me nihče ne vpraša, vem; če pa ga hočem po zastavljenem vprašanju razložiti, ne vem.«

Avguštin je izrazil temeljno lastnost našega odnosa do prostora in časa. Za kaj po našem mišljenju gre? Prostor in čas sta stranski posledici delovanja živih bitij, zato nam učinkujeta samoumevno. Milič Čapek navaja primer psa, ki lovi zajca, in ugotovi, da mora imeti pes okrnjeno predstavo o prihodnosti (1986: 298). Sami bi dodali, da mora imeti predstavo o prihodnosti tudi zajec, če hoče psu uteči. In da morata imeti oba tudi predstavo o prostoru, saj spretno manevrirata po travniku. Pa še nekaj lahko dodamo – da, sodeč po njuni večini delovanja v doživljanju prostora in časa psa in zajca, ni prav ničesar okrnjenega. Se pa po nečem pes in zajec bistveno razlikujeta od Avgušтина. Ne znata si postaviti vprašanja, ki je begalo njega: Kaj je torej čas? Za živali problem prostora in časa ne obstaja. Kar pa ni isto, kot če bi trdili, da živali ne živijo v prostoru in času. Problem prostora in časa se pojavi šele z zavestnim mišljenjem pri ljudeh, ki si lahko zastavijo vprašanje in potem tako kot Avguštin nanj ne znajo odgovoriti.

V sodobnem znanstvenem mišljenju lahko ločimo tri idealno tipske pristope k razumevanju prostora in časa: pri prvem gre za objektivno realen pojav, pri drugem za konstrukt živih bitij, pri tretjem pa zgolj za abstrakten pojem našega jezika.

Prvi pristop se je uveljavil v domeni fizike. Isaac Newton na primer loči relativen, kvalitativen čas vsakdanjega življenja, povezan s čutno zaznavo pojavov, in absoluten čas, ki teče enakomerno, ne glede na kar koli zunanjega, in je čas naravoslovne znanosti. Takole pravi (v: Pomian, 2010: 291):

»Absolutni, resnični in materialni čas sam po sebi in iz svoje lastne narave teče enakomerno, ne glede na kaj zunanjega, in se z drugim imenom imenuje trajanje. Relativni, navidezni in navadni čas je neko čutno in zunanje (bodisi natančno bodisi nenatančno) merilo za trajanje s pomočjo gibanja, ki ga navadno uporabljamo namesto resničnega časa: denimo kot ura, mesec, leto.«

Absolutni prostor in čas je po Newtonu neodvisen od vsega zunanjega, obstaja le glede na Boga (prav tam, 292–293). Danes se verjetno večina fizikov z njegovo »racionalno« teologijo ne bi več strinjala, vendar pa večina fizikov kljub temu soglašaja s tem, da obstajata prostor in čas fizike, ki sta neodvisna od opazovalca, ki sta objektivno realna in ki sta od vsakdanjega doživljanja prostora in časa pomembno drugačna.

Prostor in čas fizike sta neodvisna od vsakdanjega sveta, kot ga čutno zaznavamo. To lahko pomeni dvoje. Prva možnost je, da merijo fiziki platonski svet idealnih oblik. V izobraževanju in socializaciji za ceh fizikov so postali občutljivi za zaznavo domene realnosti, o kateri se navadnim smrtnikom niti ne sanja. Preostali fiziki, ki jim je predstava o lastnem delovanju kot novodobnem svečeništvu tuja, imajo na voljo še neko drugo možnost. Ta je, da se fizik enostavno odpove razmišljanju o naravi prostora in časa, ampak zgolj meri. Rogerja Penrosa bi lahko uvrstili med platoniste. Stephen Hawking pa je eden tistih, ki – v nasprotju s platonizmom – zagovarja drugo pozicijo (v: Penrose, 2000: 169):

»Jaz sem na drugi strani pozitivist, ki verjame, da so fizikalne teorije zgolj matematični modeli, ki jih konstruiramo, in da se je nesmiselno spraševati, če korespondirajo z realnostjo, ampak le, če napovedujejo opazovanja.«

Iz tega, kako fizik odgovori na to vprašanje, je razvidno, kako sebe doživlja kot znanstvenik. Po prvi samopodobi odkriva skrivnosti narave, ki so večini skrite, po drugi je merilec opazovanj, ki skromno priznava, da o naravi sicer ne ve bistveno več od povprečnega človeka s ceste, jo pa zna v primerjavi z njim bolje meriti.



Na drugi strani so tisti, ki mislijo, da sta prostor in čas konstrukta živih bitij. Vzemimo za ilustracijo že omenjenega Avgušтина, »iracionalnega« teologa, ki izpelje prostor in čas prav tako iz nadnaravnega bitja, le s to razliko, da je Avguštinov Bog stvar popolnega verjetja, in njegovih stvaritev ni mogoče razumeti. Takole odgovori vsem tistim, ki po njegovem mišljenju lahko le besedičijo o tem, kaj je delal Bog, preden je ustvaril nebo in zemljo (1984: 269):

»Sprevidijo naj torej, da noben čas ne more biti brez ustvarjenja, in nehajo naj s svojim ničevim govorjenjem. Stegujejo naj se tudi sami za tem, kar je pred njimi, in razumejo naj, da si ti pred vsemi časi večni stvarnik vseh časov in da nista noben čas in nobena stvar obenem s teboj večna, tudi če biva katera nad časi.«

Danes se večina raziskovalcev znanosti o življenju ne bi več strinjala s tem, da je prostor in čas ustvarila neka duhovna sila. Ne odpovejo pa se samemu načelu konstruiranosti sveta. Vendar je sila, ki vzpostavlja naravo ter prostor in čas v njej, povsem prozaična. Različni avtorji zagovarjajo biološko, kognitivno in/ali kulturno konstrukcijo našega sveta. V znanostih o življenju je prav vsakdanje doživljanje prostora in časa tisto, kar je treba razložiti. Nasproti fizikalističnemu pogledu na objektivno realnost so se oblikovale biologistične in družboslovne alternative, ki zagovarjajo različne poglede na to, kako živa bitja konstruiramo svet, v katerem živimo.

Donald D. Hoffman je značilen predstavnik biologizma. Po njegovem mišljenju sta prostor in čas ter kavzalnost adaptacije živalske vrste zaradi (re)produkcijskega delovanja, ne pa adaptacije zaradi mišljenja tega, kakšna je objektivna realnost. Zaznave so skratka zaradi učinkovitosti delovanja, ne pa zaradi resničnosti mišljenja. Iz tega izpelje Hoffmann sklep, da potrebujemo novo paradigmo znanosti (internet 1). Na drugi strani družboslovci, ki sledijo Emilu Durkheimu, trdijo, da ljudje realni svet vzpostavljamo z našimi kolektivnimi družbenimi idejami. Prostor in čas sta proizvoda organizacijskih potreb kolektivnega življenja, sta vedno družbeni prostor in čas (Gell, 2001: 19).

Tudi s pogledi konstruktivistov so težave. Teologi verjamejo, da sta prostor in čas stvaritvi nadnaravnega agenta, Boga. Zakaj, ne pojasnijo. Ko je Bog ustvaril morske ribe, nebeške ptice in zemeljsko laznino, je bil njegov namen jasen – pečenka na človekovem krožniku. Ko je ustvaril dan in noč, je bil njegov namen prav tako jasen – noč je zaradi počitka po truda polnem dnevu. A zakaj je ustvaril prostor in čas? Je mar Bog ugankar, ki uživa v tem, ko si ljudje že tisočletja belimo glavo s tem, kaj sta?

Tako biološki kot družboslovni konstruktivisti so vzvišeni nad religiozno razlago prostora in časa. Po biološkem pogledu zaznave niso potrebne zaradi resničnosti mišljenja, ampak koristnosti delovanja. Naše zaznave so kot ikone na namizju, ki vodijo vse obnašanje, vendar pa z ikon ni mogoče sklepati na lastnosti sveta (internet 2). Po našem mišljenju je to preveč ekstremno stališče. Naše zaznave so se oblikovale v kontekstu naravne selekcije, vendar so kazalci, ki jih zaznavamo, realne lastnosti našega habitata. Vzemimo za ilustracijo kazalce, ki pritegnejo moške pri ženskah. Optimalno razmerje med pasom in boki je 0,7 proti 1, kar je dober kazalec njene reproduktivne sposobnosti, saj maščobe, uskladiščene na bokih, zagotavljajo potrebne kalorije v času nosečnosti. Zaželeno so tudi velike oči ter majhen nos in brada, ker kažejo na mladost in reproduktivno zmožnost. Na to opozarja na primer Jan Norman (internet 3).

In potem je še družboslovna razlaga, po kateri sta prostor in čas v resnici socialna konstrukta, proizvoda kolektivnih idej skupnosti. Na težavo te razlage je opozoril že Gell (2001: 18–19). Sta na primer dolžina dneva ali višina gore res pojma družbene konvencije? V tem primeru bi bil lahko za stare Azteke dan dolg eno uro (in bi se jim neprestano mudilo), za Slovence pa bi bil Triglav edini devettisočak na planetu (in bi bil vzpon nanj za nas izredno zahteven, medtem ko bi bil za pripadnike drugih narodov visok zgolj slabih tri tisoč metrov, vzpon nanj pa samo nekoliko napornejši rekreativni sprehod). Že na prvi pogled je jasno, da je tudi z družbeno konstrukcijo prostora in časa nekaj narobe.

Po tretjem pogledu sta prostor in čas zgolj abstraktna pojma, nastala z razvojem metaforičnega jezika. V sklop zagovornikov te predstave bi lahko na primer umestili Nikolo Teslo, ki je dejal (v: Drašković, 2012: 47):

»Menim, da prostor ne more biti ukrivljen, zaradi preprostega razloga, ker ne more imeti lastnosti. Lahko tudi rečemo, da ima Bog lastnosti. Vendar jih nima in ima le tiste, ki smo mu jih mi pridali. O lastnostih lahko govorimo le pri snovi, ki izpolnjuje prostor. Reči, da ob prisotnosti velikih teles prostor postane ukrivljen, je enako izjavi, da lahko nekaj deluje na nič. Zaradi tega zavračam takšno predstavo.«

Znotraj fizike je kritika Tesle po našem mišljenju smiselna. Fizika raziskuje interakcije snovi in logično je, da nekaj ne more interaktivirati z ničem. Fizikalne enačbe, v katerih imata prostor in čas enakovreden status kot snovni pojavi, je iz te pozicije vprašljiva. V našem mišljenju začne »strašiti« vsakič, ko pripisujemo abstraktnim pojmom dejanski obstoj. Gre za napako v mišljenju, na katero je prvi opozoril A. N. Whitehead in jo imenoval »zabloda napačno razumljene konkretnosti« (*the fallacy of misplaced concreteness*) (1949: 59). Danes se nas večina strinja s tem, da Bog ne more ničesar početi ali misliti, ker predstavlja zgolj abstrakten pojem našega jezika. Gre za posebnost človeške vrste, da se včasih, kot na primer v Avguštinovih *Izpovedih*, dialogu jaza s samim seboj pripisuje lastnost dialoga jaza z Bogom. A če je religijski diskurz v sodobnih modernih družbah v veliki meri marginaliziran, ima v drugih domenah še vedno bolj ali manj prosto pot. Navedimo za ilustracijo dva primera. Številni umetnostni kritiki še vedno samoumevno izhajajo iz obstoja »lepega« in »strokovno« razsojajo o tem, kaj je avtentično estetsko doživetje in kaj ni. Tudi številni družboslovci še vedno samoumevno predpostavljajo, da obstaja družba kot pojav *sui generis*, ki jo lahko opazujemo od zunaj in razlagamo »objektivno«. Najbolj pa je to prepričanje zakoreninjeno prav v naravoslovju. V teh vedah se je skušnjavi »objektivne realnosti« najtežje upreti. Samoumevno se nam zdi, da naša zaznavna prepričanja kažejo »svet-tam-zunaj«, da so nedvoumni kazalci objektivne realnosti. Vendar gre tudi v tem primeru za prehitro sklepanje. Konkretni pojavi, ki jih lahko zaznavamo (naša

opazovanja) in vzročno posledične povezave (naša zaznavna prepričanja), so vedno znotraj habitata, v katerem (re)produkcijsko delujemo. Nekatere ponavljajoče in za nas pomembne vidike zaznav in prepričan s pomočjo abstraktnih pojmov znamo tudi zavestno misliti. A trditi, da zaradi tega prostor in čas obstajata, ni zelo drugače od tega, da za nas obstajajo Bog, lepota ali družba.

Vendar pa je po našem mišljenju vprašljiva tudi predstava o tem, da sta prostor in čas abstraktna pojma. Seveda sta tudi abstraktna pojma, vendar pa nista zgolj to. Vse življenje si moramo zamišljati kot snovno-informacijsko izmenjavo in sem sodijo tudi naši jezikovni konstrukti. To, da smo oblikovali abstraktna pojma za prostor in čas, pomeni, da je bilo za nas pomembno, da mislimo zavestno o naši nevronske in genske informacijske izmenjavi (raven nezavedne in predzavedne kognicije) v interakciji s segmentom fizičnega sveta, ki predstavlja naš habitat.

Ločimo lahko vsaj tri subkulture, ko gre za prostor in čas. Če smo člani subkulture fizikov, nas vsakdanji prostor in čas domnevno ne zanimata. Merimo nekaj, kar je zunaj in iznad vsakdanjega sveta, nekaj, kar obstaja neodvisno od nas in kar opazujemo od zunaj. Če smo člani subkulture znanosti o življenju, izhajamo iz tega, kar je po mišljenju fizikov zgolj sekundarnega pomena, iz vsakdanjega doživljanja prostora in časa kot edinega možnega predmeta raziskovanja. Če pa smo člani subkulture zagovornikov predstave, da sta prostor in čas zgolj abstraktna pojma, je razprava med fizikalisti in konstruktivisti za nas zgolj akademska, v glavnem odvečna in nesmiselna. Prostor in čas sta domišljajska konstrukta s pomočjo metaforičnega jezika.

Nekje med temi tremi alternativami krmariva z Erikom Marganom. Margan se nima za čistega fizikalista, čeprav ne dvomi o obstoju objektivne realnosti ali o tem, da je ta realnost domena raziskovanja fizika. Prepričan je, da je pristop k fiziki, ki o tem dvomi, neznanstven. V sodobni fiziki loči dva temeljna pogleda. Po prvem, ki ga zagovarja na primer Einstein, je luna na nebu tudi, kadar je ne gledamo. Po drugem,

ki ga zagovarja na primer Bohr, je status objektivne realnosti veliko bolj zamegljen (Margan 1, 2015: 19–20):

»Nasprotno je Bohr zagovarjal nekakšno neokantovsko stališče, da fizika nima dostopa do objektivne realnosti, pač pa le do nekaterih eksperimentalnih rezultatov, ki le delno odslikavajo globinsko fizikalno realnost.«

Če bi se že moral umestiti, bi se Margan označil za instrumentalista. S tem misli na to, da se pri opazovanju sveta ni pametno zanašati zgolj na svoja čutila. Smiselneje je, da se zanašamo na instrumente, za katere vemo, kako delujejo. Na ta način po njegovem mišljenju dobimo vsaj zanesljive podatke, če že njihova obdelava in interpretacija ne moreta biti enako zanesljivi.

Tudi sam se nimam za »čistega« konstruktivista. Prepričan sem sicer, da vsaka živalska vrsta konstruira habitat, v katerem živi. Vzemimo za ilustracijo tega družboslovce, fizike, pse, teologe in zajce iz podnaslova pričujočega uvoda. Vsakdanje doživljanje ponazarjata pes in zajec. Gre za samoumevno, nezavedno doživljanje stranskih posledic vsega našega delovanja, ki jih v vsakdanjem življenju sploh ne opazimo. To je doživljanje prostora in časa, ki ga ima Avguštin, preden ga o tem vprašamo. Ko skuša o stranskem ozadju vsega svojega delovanja zavestno razmišljati, se stvari zapletejo. Podobno, kot se zapletejo tudi pri vseh drugih ozadjih, o katerih zavestno mislimo. Samoumevno vemo, kaj je družba, a ko skušamo zavestno misliti vsa svoja intersubjektivna delovanja, tega z besedami ne znamo jasno izraziti. Samoumevno vemo, kaj je za nas lepo, a ko skušamo zavestno misliti estetsko občutenje, se pred poplavo lastnih občutkov zmedemo. Religiozna oseba, ki so jo od zgodnjega otroštva naprej indoktrinirali v neki obliki nadnaravne ideologije – indoktrinirali zato, ker otrok v predmetaforični fazi jezika še ne more misliti nadnaravnih pojavov, – samoumevno veruje v nadnaravno, a če jo vprašamo o tem, kdo je Bog, nam ne zna o tem povedati ničesar otipljivega.

Sem pa tudi fizikalist, ker ne dvomim o obstoju objektivne realnosti. Vendar pa o sami objektivni realnosti ne moremo reči ničesar z

gotovostjo, ker predstavlja le potencial, ki ga aktivira šele živo bitje, ki se v segmentu potencialnosti (re)producira. Biološka niša, v kateri živi bitje, je zanj realnost. Objektivna realnost kot takšna sploh ne more biti predmet znanstvenega raziskovanja. Najprej jo mora živo bitje konstruirati, opazovati in razlagati na samoumevni ravni, kot reprezentacijo. Prostor in čas nista lastnosti objektivne realnosti, ampak lastnosti habitata, sta biološka konstrukta, ki definirata živalsko vrsto. Ljudje si ta biološki konstrukt še na različne načine kulturno prisvajamo. Eden od teh načinov je znanost. To ima za naše razmišljanje pomembne implikacije. Kot ugotavlja A. N. Whitehead za klasično znanost (ki razlaga, kako deluje svet, v katerem živimo), gre zgolj za rafinirano obliko zdravega razuma (Čapek, 1986: 298). Glede na to opredelim svojo pozicijo do prostora in časa takole (2015: 107):

»Prostor in čas obstajata kot biološka konstrukta, vzpostavljata se v interakciji med zaznavo, izkušnjo, doživetjem in delovanjem živih bitij. Ko fiziki raziskujejo prostor in čas v odsotnosti živih bitij, kot realnost, ki obstaja ne glede na nas, raziskujejo pojav, ki ga ni.«

Objektivna realnost sicer ni iluzija, le raziskovati je ne moremo. Kadar to vseeno poskušamo, trčimo ob enigmatičnost mikro- in makrosveta, o katerem nimamo vsakdanjih zaznavnih prepričanj. Teh prepričanj nimamo in ne moremo imeti, ker v teh svetovih ne živimo in se v njih nismo oblikovali. Prepričanja nastanejo kot proizvodi prilaščanja potencialnosti.

Kaj lahko o objektivni realnosti potem sploh rečemo? Ne gre za to, da o njej ni mogoče reči ničesar določenega, ampak za to, da o njej ni mogoče reči ničesar določenega nasploh. Ali še drugače povedano: različnim bitjem se kaže kot različna določenost. Zaznava je vedno pristranska na ravni vrste. Tega ne opazimo predvsem zaradi tega, ker drugih bitij, s katerimi si delimo Zemljo, ne moremo vprašati, kako doživljajo svet. In potem antropocentrično predpostavljamo, da so naše zaznave in naša kavzalna prepričanja univerzalna. V tem prepričanju nas utrjujejo tudi obnašanja drugih bitij na tem planetu, ki so proizvod istega evolucijskega procesa in so zato podobna našemu obnašanju. Vendar pa

je sklepanje iz naše planetarne perspektive, ki je na ravni vesolja, provincialno, napačno. Trditi, da je to, kar zaznavamo in razlagamo ljudje, enako objektivni realnosti, je približno tako, kot če bi trdili, da nosi kup gline v sebi le potencial za Kip svobode. Kip svobode predstavlja eno, nikakor pa ne edine potencialnosti kupa gline. Kateri potencial se bo udejanil, je odvisno od tega, kdo jo bo dobil v roke. Nekaj podobnega velja tudi za objektivno realnost. Je potencialnost, ki jo živa bitja različno udejanjajo. Živa bitja na Zemlji smo jata, nastala v istem procesu biološkega razvoja, zaradi česar je naša raba tega potenciala bolj ali manj podobna. Prav lahko pa si zamislimo tudi bitja, ki so zelo drugačna od nas, na primer inteligentne nevtrine (Dawkins, 2008), ki potencial objektivne realnosti udejanjajo kvalitativno drugače od nas. Kar posledično pomeni, da je njihova izmenjava z objektivno realnostjo, njihova zaznava te realnosti in posledično tudi njihovo razumevanje objektivne realnosti bistveno drugačno od našega.

Ljudje smo nagnjeni k antropocentrizmu, po katerem je človeška izkušnja središčna za razumevanje vsega vesolja. Vse motrimo iz lastne perspektive. To velja celo za tako abstraktne pojave, kot so bogovi. Že Ksenofan je približno 500 let pred našim štetjem zapisal, da imajo bogovi Tračanov modre oči in rdeče lase, etiopski bogovi pa temno polt in tope nosove. Če bi imeli levi in konji bogove, sklene Ksenofan, bi bili podobni levom in konjem (Guithrie, 1980: 184). Bogove opisujemo glede na sebe. Ali, kot je rekel Tesla (v: Drašković, 2012: 47): Bog ima tiste lastnosti, ki smo mu jih pridali mi. Ko Milič Čapek reče, da imajo psi le okrnjeno predstavo o času (1986, 298), je to prav tako antropocentrična izjava. Za psa ni njegova predstava o času v ničemer okrnjena. Tako se kaže le človeku, ki jo ocenjuje glede na svojo predstavo (da je na primer čas ustvaril Bog) in vidi v predstavi psa zato pomankljivosti (pes ni več teologije). In ko fizik svojo zaznavo in razlago prostora in časa doživlja kot zaznavo in razumevanje nasploh, dela svojo partikularno perspektivo veljavno za celotno vesolje, tako na njemu domači mezaravni kot na njemu tujih mikro- in makroravnih. V bistvu na ta način trdi, da je Zemlja še vedno v središču vesolja. Ali še drugače povedano: s Kopernikom smo odvzeli središčni status v vesolju Zemlji, medtem

ko je v fiziki še vedno prevladujoč antropocentričen pogled na vesolje. Fizikalistični pogled postavlja mišljenje vesolja na Zemlji v središče vesolja nasploh. Tako kot se moramo družboslovci zavedati kulturne relativnosti vrednot in znanj na ravni skupnosti, tako kot se morajo biologi zavedati biološke relativnosti razvoja življenja na Zemlji, kot ga opisuje evolucijska teorija, bi se morali tudi fiziki zavedati planetarne relativnosti vseh njihovih spoznanj o tem, kako deluje svet.

Najina ambicija z Erikom Marganom ni bila, da bi oblikovala dokončen odgovor na uganko prostora in časa ter podala nek sintezen pogled, ki bi združeval fizikalizem in konstruktivizem. To presega tako najine ambicije kot najino znanje. Sva v približno takšni situaciji kot nekoč Newton, ko je »uganil« enačbo za silo težnosti. Kaj mislimo s tem, da je enačbo »uganil«? Imel je srečo, da je zakonitost lahko izrazil na matematično najbolj preprost način, kot produkt dveh dejavnikov (Whitehead, 1949: 49). Seveda pa je do te rešitve lahko prišel le pripravljen um, ki je natančno vedel, kaj išče. V tem pogledu je šlo za ustvarjalno odkritje. A ker ni razumel, za kakšno silo pri sili težnosti gre, je moral razumevanje tega delovanja prepustil premisleku bralca (internet 4):

»Težnost lahko povzroči agent, ki konstantno učinkuje glede na določene zakonitosti; toda, ali si tega agenta zamislimo kot snovnega ali nesnovnega, prepuščam premisleku mojega bralca.«

Z Marganom sva do bralcev enako uvidevna. Najina ambicija je bila, da opiševa fizikalizem in konstruktivizem na področju razumevanja prostora in časa, bralcu pa prepuščava, da poišče odgovor, ki bo zadovoljil njegovo domišljijo in radovednost. Sta prostor in čas objektivno realna ali iluziji (fizikalizem), konstrukta živih bitij, abstraktna pojma, ali neka kombinacija tega?

Pri nastajanju tega zbornika je sodelovalo več slovenskih raziskovalcev. Iz takšnih in drugačnih razlogov sva ostala na koncu le dva. Za dragocen prispevek pri nastajanju zbornika bi se rada posebej zahvalila Drašku Draškoviću. Brez njegove pobude tudi najinega zbornika ne bi bilo.



## Literatura in viri

- Avguštin, Avrelij (1984): Izpovedi. Mohorjeva družba, Celje.
- Čapek, Milič (1986): 'The Unreality and Indeterminacy of the Future in the Light of Contemporary Physics'. V: Griffin, David R. (ur.): *Physics and the Ultimate Significance of Time*. Albany, State University of New York.
- Dawkins, Richard (2008): *The God Delusion*. Boston in New York, Houghton Mifflin Company.
- Drašković, Draško (2012): *Razgaljena znanost. (Moderna znanost ali dogma) (tipkopis)*.
- Gell, Alfred (2001): *Antropologija časa. Kulturne konstrukcije časovnih zemljevidov in podob. ŠZ, Ljubljana*.
- Guithrie, Stewart (1980): 'A Cognitive Theory of Religion'. *Current Anthropology*, vol. 21, št. 2, str. 181–203.
- Hawking, Stephen (2000): 'The Objection of an Unashamed Reductionist'. V: Penrose, Roger (ur.): *The Large, the Small and the Human Mind*. Cambridge, Canto.
- Internet 1: Hoffmann, D.: What scientific idea is ready for retirement? <<http://edge.org/response-detail/25450>>
- Internet 2: What scientific concept would improve everybody's cognitive toolkit? <<http://edge.org/response-detail/10495>>
- Internet 3: The evolutionary theory of sexual attraction. <[www.umkc.edu/sites/hsw/other/evolution.html](http://www.umkc.edu/sites/hsw/other/evolution.html)>
- Internet 4: Action at a distance. <[http://e.wikipedia.org/wiki/Action\\_at\\_a\\_distance](http://e.wikipedia.org/wiki/Action_at_a_distance)>
- Margan, Erik (2015): 'O prostoručasu Minkowskega v prostoru in času: nekaj razrešenih in nekaj nerazrešenih vprašanj'. Ljubljana, FDV.
- Pomian, Krzysztof (2010): *Red časa*. Ljubljana, Krtina.
- Tomc, Gregor (2015): *Resničnost realnosti*. V: Tomc, Gregor: *Posoda minevanja. Mišljenje prostora in časa v fiziki in znanostih o življenju*. Ljubljana, FDV.
- Whitehead, Alfred. N. (1949): *Science and the Modern World*. New York, Mentor Books.



O *PROSTORČASU*  
(MINKOWSKEGA) V  
PROSTORU IN ČASU:  
NEKAJ RAZREŠENIH IN  
NEKAJ NERAZREŠENIH  
VPRAŠANJ

Erik Margan\*

---

\* Oddelek za eksperimentalno fiziko osnovnih delcev, Institut Jožef Stefan.

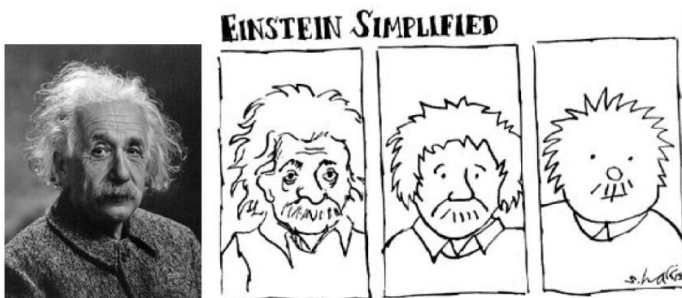


## Pasti poenostavljanja

Ni ravno preprosto javnosti predstaviti probleme, s katerimi se ubadajo znanstveniki. Še posebej, kadar gre za tako zahtevno področje, kot je sodobna fizika, ki uporablja veliko matematike, še bolj pa, če je v jedru problema prav problematiziranje odnosov med fiziko in matematiko, med fizikalnim pomenom in matematično predstavitvijo tega, med fizikalnimi načeli in matematično operacionalizacijo teh.

Fiziko običajno dojemamo kot vedo, ki obravnava fizikalno realnost, matematiko pa za bolj abstraktno vedo s sebi lastnimi, do skrajnosti poenostavljenimi elementi, ter na videz povsem arbitrarno določenimi zakoni, ki urejajo odnose med temi elementi. Kadar ju združimo, vsaka nujno izgubi nekaj svojih posebnosti. Naenkrat mora fizikalno dogajanje ustrezati idealiziranim matematičnim relacijam, matematika pa je že v samem izhodišču omejena s preslikavo omejenih fizikalnih količin v matematične elemente. Fizikalno realnost zato skušamo modelirati, *kolikor je mogoče poenostavljeno, toda ne še bolj enostavno!* (Einstein), medtem ko moramo matematiko krotiti, da ne vsiljuje svoje svobode interpretaciji fizikalnih pojmov.

Slika 1: Einstein, poenostavljeno. Fizikalna realnost in njeni poenostavljeni modeli (v tej razpravi si prizadevamo ostati, kolikor je le mogoče, v okviru druge risbe).



Da pa te opredelitve ne izzvenijo preveč splošno, si oglejmo nekaj preprostih primerov iz zgodovine.

V klasični fiziki si s pojmom sile razlagamo medsebojne vplive in prenos energije med objekti. Zavedamo se, da je sila umetni konstrukt, vemo, da je za prenos energije med objekti narava poskrbela drugače, vendar je sila kot koncept dokaj uporabna, še posebej na začetni ravni v osnovni šoli. Za Aristotela je bila sila sorazmerna teži telesa in njegovi hitrosti. A že Galileju je bilo jasno, da teža in masa telesa nista eno in isto, teža sama dejansko pripada kategoriji sile. Newton pa je popolnoma spremenil definicijo: sila je produkt mase in pospeška, pospešek pa je sprememba hitrosti oziroma njen časovni diferencial. Po vsej verjetnosti Aristotel sploh ni poznal koncepta pospeška, čeprav je zagotovo vedel, da so hitrosti lahko različne in se torej morajo spreminjati s časom. Sama hitrost pa predstavlja razmerje med spremembo krajevnih koordinat in spremembo časovnih koordinat, torej časovni diferencial prepotovane razdalje.

To pomeni, da je pospešek sprememba spremembe prepotovane razdalje v različnih časovnih intervalih, torej dvojni diferencial. Če bi Aristotel morda še razumel pojem časovnega diferenciala kot spremembo v prostoru in času, bi bil v primeru dvojnega diferenciala povsem zbežan in si ga ne bi znal predstavljati. Težava je v tem, da nam pri opisu pojava ne zadoščata več dve krajevni in dve časovni koordinati, dvojni diferencial zahteva vsaj tri pare. Nam, ki se vsakodnevno peljemo z avtobusi mestnega prometa, je povsem jasno, kaj je pospešek, ker ga neposredno zaznavamo: pri povečevanju hitrosti pri odhodu s postaje, pri zaviranju in ustavljanju ali spremembi smeri v ovinku. A še bolj bi Aristotela zbegali, če bi ga odpeljali v višje nadstropje kakega nebotičnika in bi v hitrem dvigalu brez oken, torej brez vidne zunanje reference, naenkrat začutil povečano težo na začetku dviga in izgubo teže ob koncu.

Neki drug pojav pa bi Aristotel verjetno prav dobro razumel – gre za relativnost hitrosti potnika, ki se sprehaja po avtobusu med vožnjo. Njegovo hitrost bi gotovo znal prišteti ali odšteti od hitrosti avtobusa, pač na Galilejev način, in to bi se mu zdelo logično in samoumevno.

Mnogo težje pa bi mu bilo razumeti Einsteinovo načelo o konstantnosti svetlobne hitrosti, ne glede na hitrost svetlobnega vira ali hitrost opazovalca. Če bi mu povedali, da je svetloba valovanje, bi si zagotovo to skušal predstavljati z valovanjem na vodni gladini. Ob tem pa bi takoj protestiral: čoln z veslači, ki ustvarja valove ob gibanju, brez težav prehiti svoje valove, ker se premikajo počasneje od čolna, zato čoln pušča za seboj trikotno sled, ki je tem ožja, večja kot je njegova hitrost. Ne glede na to, kako visoka je svetlobna hitrost, če le ni neskončna, vedno bi (po klasični teoriji) morala svetloba iz premikajočega se vira biti hitrejša od svetlobe iz mirujočega vira.

A morda bi Aristotel le razumel argument o konstantnosti svetlobne hitrosti, če bi mu povedali, da je Maxwell dokazal, da je hitrost svetlobe odvisna le od elektromagnetnih lastnosti prostora, v katerem potuje (torej ne od hitrosti vira ne od hitrosti opazovalca). Hitrost svetlobe v zraku je večja kot v vodi, zato se slika slamice, delno potopljene v kozarcu vode, na vodni gladini navidezno zlomi. Navsezadnje se tudi valovi na vodi, ki jih ustvari čoln, ko se le-ti enkrat oddaljijo od čolna, premikajo s tako hitrostjo, kot jo dovoljujejo lastnosti vode; niso odvisni od hitrosti čolna. Toda zakaj potem hitrost svetlobe ni odvisna od hitrosti opazovalca? Če se peljemo v drugem čolnu nasproti valovom, ki jih ustvari prvi čoln, pridemo čez te valove hitreje, kot če bi mirovali, in valovi bi se nam zdeli krajši.

Kako to razumeti? Tu bi obupal še marsikateri modrec, ne le Aristotel. Vendar Aristotel ne bi še kar tako vrgel puške v koruzo. Po dolgem premisleku bi morda prišel na tole misel: če je svetloba valovanje, kaj bi videl, če bi se premikal z enako hitrostjo kot svetloba? Takrat bi se vedno nahajal v isti točki vala, kar pomeni, da valovanja v smislu spremembe velikosti vala s časom sploh ne bi zaznaval. Bi potem sploh kaj videl? In če bi se premikal le za spoznanje počasneje od svetlobe, bi opazil, da se velikost vala zelo počasi spreminja. Kako pa bi to bilo videti? S takim premislekom bi počasi spoznal, da bi utegnil Dopplerjev frekvenčni zamik pojasniti večino, če ne kar vseh relativističnih vprašanj. A bi se pri tem krepko motil.

Tudi mnogo pred Einsteinom so posamezniki prišli do prenekaterih elementov relativistike. Toda šele Einsteinu je uspelo vse te in še druge sorodne elemente povezati v koherentno celoto, jim dati ustrezno matematično obliko ter pokazati, kako jih je mogoče izpeljati iz le nekaj temeljnih načel. In za razliko od ogromne večine drugih, Einsteina ni prav nič motilo, če je zaradi vztrajanja pri osnovnih načelih bilo nujno opustiti naše ustaljene predstave o prostoru in času. Če so lastnosti prostora in časa odvisne od fizikalnega dogajanja v tem prostoru in času, je to pač treba sprejeti kot del fizike, ne pa izumljati domislic, kako se temu izogniti. Pravzaprav je Einsteinu postalo jasno, da lastnosti prostora in časa lahko ugotavljamo le s pomočjo svetlobe, kar potem vključuje spoznanje, da prostorskih koordinat ni mogoče spreminjati brez hkratne spremembe časovnih, sicer bi bila za to potrebna energija neskončno velika. Zato je nujno obravnavati prostor in čas skupaj, enovito, kot *prostorčas*.

Hkrati pa se je Einstein dobro zavedal, da mora ta nov pogled na *prostorčas* in fizikalno dogajanje v njem v običajnih pogojih majhnih relativnih hitrosti in nizke gravitacije gladko preiti v klasično Newtonovo fiziko, kar je s splošno teorijo relativnosti tudi dosegel. A podobno gladkega prehoda med relativistiko in kvantno mehaniko ni in ni bilo mogoče doseči. Pri iskanju rešitve se je Einstein po eni strani oddaljil od kvantne mehanike, po drugi pa se je vse bolj zapletal v vse bolj zahtevno matematiko. Poraja se celo občutek, da je proti koncu življenja nekoliko zapostavil fizikalna načela in primat dodelil matematičnim načelom. Ali nemara tu tiči eden od razlogov, da v svojem iskanju »teorije vsega« ni uspel?

## Težave s filozofijo

Kljub temu da v vsej svoji delovni dobi delam v znanosti kot eksperimentalist in razvojni inženir, se osebno bolj zavzemam za večji poudarek temeljnim raziskavam in za globlji filozofski pristop v znanosti. Naj pojasnim, zakaj.



Priznati je treba, da je filozofija že več desetletij v svojevrstni krizi, ki se kaže predvsem v oženu njenega tematskega prostora. Od nekoč vseobsegajoče in multidisciplinarne naravoslovne vede se je v zadnjem času omejila pretežno na družbeno problematiko. A tudi iz tako zoženega prostora jo vse bolj izrivata po eni strani ekonomska teorija, po drugi pa psihodinamične analize obnašanja množic in celo teorija kaotičnih sistemov! Iz astronomije in kozmologije jo je že zdavnaj izrinila fizika, iz antropologije biokemija in genetika, iz psihologije metoda slikanja delovanja možganov s pomočjo jedrske magnetne resonance, iz moralne problematike pa formalno pravo in religija!

Vzrok za tako stanje je delno tudi v filozofiji sami: s togim vztrajanjem na splošnih načelih se je obsodila na capljanje za eksponencialnim naraščanjem novih spoznanj v bolj specializiranih panogah.

Po drugi strani, kljub nedvomno fantastičnemu napredku na vseh znanstvenih področjih, mnoga temeljna in še zlasti etična vprašanja v specializiranih znanstvenih panogah ostajajo nerešena ali vsaj nedorečena. Torej potreba ali kar nujnost po vseobsegajočem pristopu pri mnogih temeljnih vprašanjih še vedno obstaja, lahko bi rekli, da je vse večja.

Za fiziko bi sicer lahko trdili, da je ravno z Einsteinovo teorijo relativnosti največ prispevala k uveljavitvi filozofskih načel v znanosti predvsem zato, ker je Einstein sam vselej poudarjal pomembnost izhajanja iz temeljnih naravnih in logičnih načel. Svojevrsten preobrat je prinesel razvoj drugega Einsteinovega »otroka«, kvantne mehanike, ki je z Nielsom Bohrom in tako imenovano *Kopenhagensko šolo* [1] vpeljala v filozofijo znanosti pridih mističnosti zaradi določenih nedoločenosti (namenoma uporabljen pleonazem!) na mikroravni. Zelo odmevna je bila zlasti večdnevna razprava med Einsteinom in Bohrom na peti Solvayevi konferenci leta 1927 [2] (kjer je Einstein ugovarjal Bohru: *Bog ne kocka!*; Bohr pa mu je očital: *Einstein, nehaj predpisovati Bogu, kaj sme in česa ne!*). Ta razprava se je nadaljevala tudi kasneje. Čeprav večina fizikov danes meni, da je iz te razprave Bohr izšel kot nesporni zmagovalec, razprava med fiziki dejansko ni nikoli prenehala in je živa še danes.

Naveličan takega stanja je Nathaniel David Mermin [3] nekoč od fizikov zahteval: *Shut up and calculate!* (*Molči in računaj!*), ter tako nehote potisnil filozofijo še bolj v ozadje.

Iz današnje perspektive je jasno, da ne Einstein ne Bohr nista imela prav, pa ne zaradi tistega, kar sta očitala drug drugemu. Kot pravi Steven Weinberg v članku s pomenljivim naslovom *Einsteinove napake* [4], je nekoč veljalo, da je kvantne delce nujno obravnavati po kvantnem formalizmu, medtem ko naj bi bilo dovoljeno njihove interakcije z merilnimi napravami obravnavati klasično; tak pristop neizogibno vodi v protislovje. Seveda so merilne naprave narejene iz istih kvantnih delcev, kot so tisti, katerih lastnosti raziskujemo, vendar je dosledna kvantna obravnava zelo velikih skupin kvantnih delcev prezapletena, zato se pač zatekamo k različnim bolj ali manj po(ne)srečenim približkom.

Po fenomenalnem uspehu kvantne mehanike in njenih kasnejših izboljšav (relativistične kvantne mehanike, kvantne elektrodinamike, kvantne kromodinamike ter kvantne teorije polja) je najnovejša različica, teorija strun, zašla, tako se zdi, v slepo ulico (*Teorija strun je zavozlana*, pravi Lee Smolin v knjigi *Težave s fiziko* [5]). Velika pričakovanja, ki so jih gojili teoretiki do rezultatov meritev v velikem hadronskem trkalniku (*Large Hadron Collider*, LHC) evropske organizacije za jedrske raziskave (CERN), niso bila potrjena. Nasprotno, zaenkrat kaže, da je z odkritjem Higgsovega bozona potrdilo dobil »stari« Standardni model [6].

Prav tako so najnovejše astronomske meritve neenakomernosti v kozmičnem mikrovalovnem prasevanju (opravljene s sondami BOOMERanG, COBE, WMAP in Planck [7]) pokazale, da vesolje na velikih razdaljah izkazuje bolj evklidsko geometrijo [8] in ne Einstein-Riemannove, in to kljub temu, da na posnetkih oddaljenih galaktičnih jat, narejenih z orbitalnim teleskopom Hubble, jasno vidimo gravitacijsko ukrivljanje svetlobnih žarkov [9] natanko po Einsteinovi napovedi. Ti in še nekateri drugi nasprotujoči si merilni rezultati naznanjajo

potrebo po ponovnem premisleku o temeljnih lastnostih *prostorčasa* kot tudi snovno-energijskih interakcij.

Izhajajoč iz povsem filozofskega stališča, je treba poudariti, da v fiziki nikoli ne obravnavamo realnosti same, temveč le bolj ali manj poenostavljene modele realnosti (stara šolska šala pravi, da učitelji fizike živijo termično izolirani v brezračnem prostoru brez trenja). Fizikalne procese modeliramo predvsem zato, ker želimo naloge opraviti v nekem končnem času, ob končnih zmogljivostih in sredstvih, ki so nam tisti hip na voljo. Vprašanje je le, do kakšne stopnje si lahko privoščimo problem poenostaviti, ne da bi pri tem naredili večje napake. Zaradi tega je vsaka teorija nujno do neke mere omejena, vendar vedno lahko kasneje ob boljših raziskovalnih zmogljivostih poiščemo boljše, natančnejšo in splošnejšo.

V začetku 20. stoletja se je v znanosti, sprva na eksperimentalni, nato pa še na teoretični ravni, zgodil popoln preobrat: najprej Planck (1910) [10], potem pa še Einstein in Stern (1913) [11] ter končno Nernst (1916) [12] ugotavljajo, da prazen prostor (brez snovi) v resnici sploh ni prazen, ampak poln energije! Že pred tem je Maxwell pokazal, da prazen prostor izkazuje natančno določene elektromagnetne lastnosti, magnetno permeabilnost  $\mu_0$  in dielektričnost  $\epsilon_0$ , ki skupaj določata hitrost svetlobe,  $c = \sqrt{1/\mu_0\epsilon_0}$  [13], oziroma kar vseh elektromagnetnih interakcij nasploh (ta enačba, mimogrede, bi morala biti **druga** najbolj slavna enačba vseh časov, pa jo celo mnogi strokovnjaki ne poznajo!). Prostor tako dobi merljive fizikalne lastnosti in obenem povsem določeno stopnjo samostojne fizikalne realnosti (v nasprotju s prej uveljavljeno idejo, da prostoru lahko pogojno pripišemo fizikalno realnost le posredno, ob opisu medsebojnih odnosov delcev snovi in njihovimi energijskimi interakcijami).

Danes ni povsem jasno, zakaj se je Einstein leta 1915 odločil zanemariti svoje odkritje iz leta 1913 in raje privzeti čisto matematično geometrizacijo *prostorčasa*, kot jo je leta 1908 vpeljal Minkowski (v obliki četrte dimenzije, *ict*) [14]. Znani so le razlogi, zakaj se je oklenil nekaterih

osnovnih načel (načelo enakovrednosti gravitacijskega in kinematičnega pospeška, načelo enakovrednosti gravitacijske in inercialne mase ter načelo konstantnosti svetlobne hitrosti), na katerih je nato poiskal rešitve v danes s fizikalnega stališča vprašljivi Riemannovi geometriji.

Gledano knjigovodsko, so pri splošni teoriji relativnosti računi »čisti«, saj deluje brez napake. Vendar so se kmalu po njeni objavi pokazale tudi nekatere omejitve: po eni strani na zelo majhnih razsežnostih ne preide gladko v kvantno mehaniko, po drugi strani pa pri zelo velikih, toda končnih gostotah energij zaide v matematične singularnosti (nekateri količine divergirajo v neskončnost, druge pa proti nič). Singularnosti v fiziki so vedno znak za zaskrbljenost. Najpogosteje je razlog za pojav singularnosti neka napaka v izhodiščnih predpostavkah, v privzetih aksiomih, ki to dejansko niso, in bi jih bilo treba bodisi posebej utemeljiti ali zavreči in poiskati boljše. Poleg tega vemo, da niso vsa gibanja relativna: pomembna izjema je rotacija okoli lastne osi, ki se sicer vzdržuje inercialno, gibanje pa je pospešeno.

Drugačno problematiko predstavljajo številni časovni paradoksi, ki so pretežno posledica dejstva, da Lorentzeve transformacije zahtevajo spremembe prostorskih in časovnih koordinat le v smeri gibanja [15], ne pa tudi v smereh, pravokotnih na smer gibanja. Časovna geometrizacija Minkowskega, v smislu poskusa ortogonalizacije časovne koordinatne osi, *ict*, je tu posebej problematična, ker koordinatni sistem Minkowskega dejansko sploh ni ortogonalen.

A tudi kvantna mehanika in njene novejšje različice niso brez težav. Po eni strani naj bi temeljne gradnike vesolja in njihove lastnosti ponostavili (na tri generacije kvarkov in leptonov), po drugi strani pa potrebujemo kar 23 temeljnih parametrov, ki jih ne znamo določiti iz osnovnih načel, pač pa jih moramo ugotavljati eksperimentalno. Teoretično ne znamo upravičiti razlogov za pojave spontanega zloma simetrije in niti problema hierarhije mas pri družinah osnovnih delcev, ne znamo dobro upravičiti uporabe nekaterih sicer rutinskih postopkov, kot je denimo renormalizacija, ne znamo razložiti problema

nelokalnosti in kvantne prepletenosti, poleg tega pa se zdi (kar je najbolj motilo Einsteina), da kvantna mehanika na videz krši načelo vzročnosti. Predvsem pa iz vseh kvantnih teorij izhaja, da mora biti gostota energije v prostoru brez snovi izredno visoka (navsezadnje je to eden od pogojev obstojnosti snovi), po drugi strani pa nekatera astronomska opazovanja zahtevajo za dobrih 120 velikostnih redov manjšo gostoto energije ( $\sim 10^{-9}$  J/m<sup>3</sup> proti  $\sim 10^{113}$  J/m<sup>3</sup>) [16]. Če to ni črna sramota!

Več kot očitno je torej, da je treba k problemom prostora, časa, snovi in energije pristopiti iz povsem drugačnih izhodišč. Danes se zdi še najbolj verjetna ideja o poenotenju večine snovno-energijskih interakcij, vključno z gravitacijo, na ravni elektromagnetne nehomogenosti in naključnih kvantnih fluktuacij v gostoti energije prostora [17]. Prav tako se zdi, da bi naredili še najmanjšo napako, če bi predpostavili, da čas kot fizikalna dimenzija sploh ne obstaja [18]. Dejansko lahko sprejmemo, da je navideznost časovne dimenzije zgolj posledica končne propagacijske hitrosti energije (s tem vsakršne informacije, posredovane z izmenjavo energije) ter naše zmožnosti, da informacije zaznavamo, shranjujemo, jih primerjamo in nanje reagiramo. Vsi fizikalni procesi so le posledica lokalno razpoložljive energijske razlike: če je ta majhna, so spremembe komaj opazne, če pa je ta velika, se lahko zgodi kar koli, lahko nastane celo vesolje [19]! Časovno enosmernost dogodkov v smislu vzročno-posledičnega sosledja pa zagotavljajo ravno omenjene naključne kvantne fluktuacije, ki preprečujejo natančno ponovljivost in reverzibilnost fizikalnih procesov.

Ob vseh teh teoretičnih vprašanjih si sedaj postavimo še eno povsem praktično in organizacijsko: ali od znanstvenika, ki mora vsako leto znova na razpisih za konkretne razvojne projekte priskrbeti sredstva za plače in raziskovalno opremo, sploh lahko pričakujemo preboj v takih temeljnih znanstvenih vprašanjih? Seveda ne oziroma zelo težko. Prej se bo zgodilo, da se bo loteval predvsem tistih problemov, za katere je vnaprej prepričan, da jih bo uspešno rešil; morda pa bo celo z rešitvijo odlašal in z delnimi uspehi upravičeval zahteve po dodatnih sredstvih

na naslednjem razpisu ... Torej smo se z obstoječo organizacijo znanstvenega dela kot civilizacija vnaprej odrekli reševanju pomembnih temeljnih vprašanj oziroma smo tovrstna vprašanja prepustili amaterjem in entuziastom – na njihov strošek! Morda pa to niti ni tako slabo ...

Vsekakor pa bi rad to ugotovitev položil na srce tistim bralcem, ki se počutijo bolj domače v družboslovnih vedah: v našem sistemu so tradicionalno na oblasti v veliki večini ljudje z družboslovno izobrazbo, medtem ko naravoslovce, ki bi jih mikalo sedenje v parlamentu, lahko naštejemo na prste. Zato je pomembno, da tudi ljudje z družboslovno izobrazbo razumejo tako vsebinske kot tudi organizacijske in finančne probleme v naravoslovju, da se bodo v prihodnje znali bolje opredeliti do vprašanj, kakšno znanost si kot družba dejansko želimo, kaj od znanosti pričakujemo in zahtevamo in kaj je treba spremeniti, da lahko te želje in zastavljene cilje tudi uresničimo. Navsezadnje je, po mojem osebnem prepričanju, antagonistična delitev na družboslovce in naravoslovce povsem umetno napihnjena in škodljiva; interesi pravega intelektualca so vedno bistveno širši od njegovega ozkega profesionalnega področja.

## Težave z znanostjo

Smo v letu 2015, ki ga zaznamuje stoletnica splošne teorije relativnosti in ki je hkrati mednarodno leto svetlobe. Oboje je povezano bolj, kot si to na prvi pogled mislimo. Svetloba oziroma elektromagnetne interakcije nasploh so tisti način izmenjave energije, iz katerega izhaja ogromna večina naših izkušenj, ne nazadnje tudi delovanje naših možganov. Poleg tega, kot je ugotovil že Einstein, fizikalne lastnosti *prostorčasa* lahko raziskujemo le s pomočjo svetlobe. In obratno, propagacijska hitrost svetlobe, ter s tem hkrati vsakršne informacije, je odvisna ravno od elektromagnetnih lastnosti prostora. To smo tudi že vpeljali v prakso: merski enoti za čas in dolžino [20] smo določili na podlagi valovne dolžine oziroma frekvence zelo stabilnega svetlobnega vira (leta 1983 smo sprejeli definiciji metra in sekunde na podlagi