ANαliZA

časopis za kritično misel

Letnik 16, številka 1-2, avgust 2012 · ISSN 1408-2969

FILOZOFIJA ZNANOSTI

Mitja Bek

Teorija strun in problem razmejitve

Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru

Citiranje: Mitja Bek, »Teorija strun in problem razmejitve«, *Analiza: časopis za kritično misel* 16, št. 1-2 (2012): 65–84.

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva 4.0 Mednarodna (CC BY 4.0), https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sl.

Izdajatelj: Društvo za analitično filozofijo in filozofijo znanosti, Ljubljana.

Elektronska različica je bila leta 2026 rekonstruirana iz skena tiskane izdaje (OCR, ročno pregledano) in preverjena s tiskano izdajo. Številke strani ustrezajo tiskani izdaji; prelomi strani znotraj prispevka se lahko nekoliko razlikujejo.

Mitja Bek
Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru

Teorija strun in problem razmejitve[1]

V pričujočem članku obravnavamo problem razmejitve, ki se ukvarja z ločevanjem znanosti in neznanosti, ter preverjamo teorijo strun s pomočjo filozofskih kriterijev za ločevanje med znanostjo in psevdoznanostjo. Pogledali smo si osnovne značilnosti teorije strun, ki v tem trenutku predstavlja obetavno kandidatko za končno teorijo vsega. S pomočjo štirih različnih filozofskih teorij, ki se ukvarjajo s problemom razmejitve med znanostjo in psevdoznanostjo in razvojem znanosti in kritiko Lee Smolina, smo preverili domet teorije strun.

Ključne besede: problem razmejitve, teorija strun, znanost, psevdoznanost, filozofski kriteriji.

Uvod

Človekovo spoštovanje do znanja je ena izmed njegovih najbolj posebnih značilnosti. Beseda znanje v latinskem prevodu pomeni *scientia* in ravno znanost je skozi čas postala oznaka za najbolj spoštovano vrsto znanja. A kako se le-ta razlikuje od vraževerja, ideologij, religij ali psevdoznanosti? Problem *razmejitve* (ali demarkacije) se ukvarja ravno z razmejitvijo med znanostjo in neznanostjo (psevdoznanostjo), znanostjo in filozofijo (metafiziko) ali med znanostjo in religijo. V tem članku se bomo osredotočili na razlikovanje med znanostjo in psevdoznanostjo in teorijo strun. Četudi je določena teorija verjetna in jo znanstvena skupnost sprejema kot resnično, je lahko hkrati psevdoznanstvena, torej nedokazljiva, nepodprta in neznanstvena. Teorija je lahko med drugim tudi izjemno znanstveno dragocena in pomembna, četudi je navzven neverjetna in ji popolnoma nihče ne verjame.

Teorija strun je sodobna teoretična fizikalna teorija, ki skuša opisati vse osnovne delce in združiti vse znane fizikalne sile v enotno teorijo sveta. Trdi, da je vse v vesolju sestavljeno iz majhnih vibrirajočih tokov energije, imenovanih strune. Zanimalo nas bo, ali lahko teorijo strun označimo za znanstveno teorijo, pri čemer si bomo pomagali s filozofskimi kriteriji razločevanja. Preverbo teorije strun bomo podkrepili tudi s kritiko priznanega fizika Lee Smolina.

[1] Članek je nastal na podlagi diplomskega dela »Problem razmejitve in teorija strun«, Filozofska fakulteta in FNM Univerze v Mariboru, 2011.

Problem razmejitve

Eden od temeljnih sodobnih problemov v filozofiji znanosti je problem znanstvenosti, ki izhaja iz problema razmejitve. Problem razmejitve se v grobem ukvarja z razmejitvijo znanstvenih teorij od vseh ostalih področij. Pogosto ga formuliramo kot razmejitev med znanostjo in metafiziko, pri čemer moramo biti pozorni, da obravnavamo metafiziko v širšem pomenu, kar storimo tako, da vanj vključimo tudi religijo, metafiziko v ožjem pomenu[2], psevdoznanost (Gilles, 1993: 155) ter ostala področja, ki jih ta tri ne vključujejo. Na iskanje meja znanosti je vplival predvsem velik uspeh Newtonove fizike in znanstvene revolucije na splošno. Znanstvena teorija je bila po Newtonu predstavljena kot tip teorije, ki je bil superioren glede na vse dotedanje oblike teorij.

Z razmejitvijo znanosti sta se ukvarjala že tako Kant kot Hume. Po Newtonu je bila znanstvena teorija razumljena kot nekaj, kar je superiorno glede na vse ostale oblike, saj je omogočala hitrejše odpiranje vrat pri iskanju resnice o Svetu in Vesolju. Ker je bila v istem času religija pod vse večjim drobnogledom in nasprotovanjem predvsem zaradi verskih vojn, je veljalo, da sta si znanost in religija popolnoma nasprotni. Hume kot nasprotnik religije je trdil, da tudi metafizika vsebuje samo izkrivljeno sklepanje in iluzijo (Hume, 1748: 165) ter zagovarjal in sprejemal le znanstvene teorije. Četudi je minilo kar nekaj stoletij, verski problemi še vedno niso izginili. Darwinovi teoriji evolucije, ki jo lahko uvrstimo med znanstvena dela in teorije, odkrito nasprotujejo kreacionisti,[3] ki zagovarjajo, da je izvor vrst, kot ga opisuje Geneza, vsaj tako prepričljiv kot teorija evolucije, in da je potrebno poučevati obe teoriji (Gilles, 1993: 154).

Ločevanje znanosti in religije ni edina različica problema razmejitve. Druga različica se ukvarja z razmejitvijo znanosti in psevdoznanosti. Molekularna biologija predstavlja tipično znanstveno disciplino, saj je delo, ki ga opravijo molekularni biologi, ko testirajo hipoteze, označeno za znanstveno. Po drugi strani lahko z vso gotovostjo trdimo, da igranja košarke ne moremo, ne glede na to, kako dobro jo igramo, označiti za znanstveno. Verjamem pa, da bi se našel kdo, ki bi trdil, da so košarkarske prvine, ki jih do potankosti izvaja Kobe Bryant, pravcata znanost. Na področju, ki se razteza med tema dvema jasnima primeroma, pa lahko rečemo, da vlada nestrinjanje (Godfrey-Smith, 2003: 3). Tega sivega področja ne smemo obravnavati kot presenečenje, saj je beseda *znanost n* sodobni družbi zelo pogosto uporabljena in je zelo učinkovita. Ljudje jo zelo pogosto uporabljajo pri mejnih primerih in teorijah, če želijo doseči njihovo sprejetje. In ker se besedi »znanost« in »znanstveno« uporabljata za različne retorične pomene, se ljudje med seboj konstantno prepirajo o tem, katero intelektualno delo lahko označimo za znanstveno in katero ne.

[2] Metafizika v ožjem pomenu vsebuje splošne filozofske teorije, kot so Platonova teorija idej, Leibnizeva teorija monad ipd.

[3] Kreacionizem je nauk, ki zagovarja, da je svet bil ustvarjen, takšen kolje danes, ne da bi se vmes kaj spreminjal ali razvijal. Označuje vero v stvarjenje, kakor je zapisano v Genezi (Tavzes, 2002: 622).

Nekateri avtorji so zagovarjali, da mora biti ločevanje med znanostjo in psevdoznanostjo brezčasno. Hannson (2008: 1) pravi, da če bi to sprejeli kot resnično, potem je kontradiktorno, da nekaj označimo za psevdoznanost ob enem in ne ob drugem času. Torej bi morali astrologijo, ki je bila v času antične Grčije obravnavana kot tako imenovano znanost, tudi v današnjem času obravnavati kot znanost. Ta argument temelji na napačni razlagi znanosti, saj je ena izmed njenih osnovnih značilnosti doseganje napredka s pomočjo empiričnega testiranja, intelektualno kritiko in raziskovanjem novih področij. Torej razmejitev znanosti ne more biti brezčasna, ker sama znanost ni brezčasna.

S psevdoznanostjo tako označujemo potvorjeno ali dvomljivo znanost, ki se želi opredeliti za znanost. Izraz psevdoznanost je po naravi slabšalen, ker ga uporabljamo za opis nekaterih teorij, panog in prepričanj, ki želijo zavajati z znanstvenim videzom. Zanjo je značilna uporaba nejasnih, pretiranih in nepreverjenih trditev (Hansson, 2008: 3). Med psevdoznanosti strokovnjaki v večini uvrščajo astrologijo, numerologijo, homeopatijo, kromoterapijo, kriptozoologijo, kreacionizem in druge vede, ki uporabljajo postopke, prijeme in razlage, ki . ne temeljijo na znanstveni metodi[4] in se ne poslužujejo iskanju otipljivih in preverljivih dokazov. S tem ne trdim, da te vede same po sebi ne morejo prispevati k razvoju posameznega področja, ampak želim le izpostaviti, da so njihove metode in pristopi drugačni, neznanstveni. Med znanostjo in psevdoznanostjo pa obstaja tudi tako imenovano »sivo področje«, v katero uvrščajo antropologijo, arheologijo, psihoanalizo in nekateri tudi ekonomijo. Vprašanje, ki se nam poraja, je, ali so te discipline dovolj blizu znanstvenim vedam, da jih v prihodnosti lahko mednje tudi uvrstimo, ali pa gre za družbene vede, o katerih mnogi dvomijo, da gre za pravo znanost. A tudi slednje se vedno bolj približujejo znanstvenim prijemom in metodam (Godfrey-Smith, 2003: 3).

Vzemimo za primer homeopatijo, ki je oblika alternativne medicine, temelječ: na prepričanju, da se lahko bolnika zdravi na podlagi zakona podobnosti z izjemno razredčenimi zdravili, ki vsebujejo pretežno vodo in alkohol. Četudi s vsi ne strinjajo z vključitvijo homeopatije med psevdoznanosti, le-ta za zdaj r uspela priskrbeti dovolj empiričnih dokazov oz. eksperimentalnih testiranj, ki 1 potrdili njeno veljavnost, ne glede na povečanje njene sprejetosti in povezanosti s tradicionalno medicino. Njena največja težava leži v pomisleku, ki izhaja iz moralnega vidika in varnosti bolnikov, ker se lahko pripeti, da bolniki ne dobijo ustrezne oskrbe za bolezni, ki se jih lahko uspešno zdravi z običajnimi zdravili. Ne glede na uspešnost v posameznih primerih je pot homeopatije do sprejetja v znanstveno skupnost še dolga in naporna. Dokazati bo morala, da lahko v določenem zdravstvenem primeru predvidi potrebno zdravljenje na način, skladen in preverljiv z znanstveno metodo.

[4] Znanstvena metoda je skupno ime za tehnike preučevanja pojavov, pridobivanja novega znanja ali popravljanja in povezovanja že pridobljenega znanja. Sestoji iz zbiranja podatkov s pomočjo opazovanja in eksperimentiranja in preizkušanja hipotez. Da jo lahko označimo za znanstveno, mora temeljiti na zbiranju opazljivih, empiričnih in merljivih dokazov, podvrženih določenim merilom razmišljanja.

Znanost in psevdoznanost

Za določeno aktivnost, ki je prepoznana kot znanost, navadno velja, da vključuje potrditev in da stremi k doseganju znanja. Ločevanje med znanostjo in psevdoznanostjo je tako del širše naloge, ki želi poiskati tista prepričanja, ki so epistemološko potrjena in gotova. Četudi lahko ljudje intuitivno določimo, katera področja spadajo med znanosti, na primer fizika, kemija in biologija, in katera med psevdoznanosti, kot so hiromantika[5] in astrologija, se je izkazalo, da težko določimo skupen kriterij za ločevanje znanosti od psevdoznanosti. Kriteriji ločevanja, ki jih filozofi znanosti zagovarjajo, so običajno preozki ali preširoki. A oglejmo si najprej nekaj sodobnih predlogov.

Hannson, Baigrie in drugi avtorji so predlagali naslednja kriterija, ki ju mora aktivnost ali doktrina izpolnjevati, da jo označimo za psevdoznanstveno:

1. da aktivnost ni znanstvena, in
2. da je del neznanstvene doktrine, katere glavni zagovorniki jo želijo prikazati kot znanstveno.

Grove obravnava psevdoznanost v širšem smislu in tako poda štiri značilnosti, ki naj bi jo opisale. Prva je pomanjkanje preverljivega teoretičnega okvirja, ki je sposoben podpreti, povezati in razložiti lastne trditve. Druga značilnost je pomanjkanje napredka. Kot tretjo je navedel odpor do kakršnihkoli indicev, ki bi dokazovali nasprotno. Kot zadnjo pa poda popolni odpor do vseh kritik (Mahner, 2007: 545). Derksen zavrača idejo, da so teorije, prakse oz. kar celotna področja, psevdoznanstvena. Namesto tega predlaga, da pregledamo pretenzije posameznih psevdoznanstvenikov. Navsezadnje ni področje tisto, ki ima lahko znanstvene pretenzije, ampak njegovi praktiki in samo njih lahko obtožimo, da so določene zahteve napačne, smešne ali izven konteksta (Mahner, 2007: 546).

Kuipers definira psevdoznanost kot kombinacijo znanstvenih zahtev in zanemarjanja »principov napredka teorij«. S tem mislimo predvsem na sprejemanje bolj uspešnih teorij, s katerimi eliminiramo manj uspešne. To opravljamo v okviru posameznega raziskovalnega programa, v katerem ohranjamo jedro nedotaknjeno. Le če nam ta strategija ne omogoča napredka, lahko pričnemo iskati novejši raziskovalni program. Ta pravila tvorijo znanstveni (metodološki) dogmatizem (Mahner, 2007: 546). S temi značilnostmi so nam različni avtorji zagotovili pomembne indice psevdoznanstvenosti, ki jih lahko uporabimo pri analizah različnih teorij, praks ali področij znanosti, za katere domnevamo, da so psevdoznanstvena.

Pri razlikovanju znanosti in psevdoznanosti moramo biti pozorni tudi na to, da nasprotje znanosti ni le psevdoznanost, ampak neznanost, ki med drugim vključuje tudi druge neznanstvene fenomene, kot so metafizika, religija, psevdotehnologija in različne oblike neznanstvenih praks (Hansson, 2008: 17). Psevdoznanost naj bi opisovala tista neznanstvena področja, ki imajo znanstvene pretenzije (namere). Kaj lahko potem storimo z neznanstvenimi področji, ki so mogoče videti kot psevdoznanstvena, a nimajo nobene namere, da bi same sebe označevale za znanstvene (Mahner, 2007: 546)? Predvsem

[5] Hiromantika ali hiromantija je napovedovanje usode iz črt na posameznikovi dlani.

področja ezoteričnosti, okultizma in »new age« razmišljanja si ne želijo biti znanstvena, ker so že v osnovi *protiznanstveno* nastrojena. Zavračajo znanstveni pristop pri iskanju znanja in sprejemajo drugačne načine dojemanja in sprejemanja znanja. Hkrati pa označujejo znanje, pridobljeno z znanstvenimi pristopi, kot ozkogledno in potrebno dodatne razlage. Za njih torej standardna definicija psevdoznanosti ne velja. A ezoterična področja in različne oblike alternativnega zdravljenja, kot je šamanizem, lahko tudi tekmujejo z znanostjo in trdijo, da so prišla do določenih spoznanj, dejstev in znanja, ki jih znanost zaradi njene ozkoglednosti spregleda (Mahner, 2007: 547). Res pa je, da tako pridobljeno znanje pogosto pride v konflikt z obče sprejetim znanstveno pridobljenim znanjem. Ker prihaja do težav pri kategorizaciji področij neznanosti, je Mahner predlagal in oblikoval izraz paraznanost, v katerega lahko uvrstimo vsa neznanstvena področja, ki nimajo znanstvenih pretenzij in *ne* želijo biti obravnavana kot znanstvena. Uporabno se nam zdi Mahnerjevo razlikovanje med znanostjo, psevdoznanostjo (pretenzija na znanstvenost) in paraznanostjo. Razlikujemo pa lahko tudi med psevdotehnologijo[6] in paratehnologijo[7] ter psevdohumanizmom[8]' in parahumanizmom[9]' (Mahner, 2007: 547).

Teorija strun

Aktualna zgleda za razpravo o psevdoznanosti nista samo marksizem in psihoanaliza, ki ju obravnava že Popper, ali od časov razsvetljenstva dalje razvpit; astrologija, ampak tudi teorija strun v sodobni teoretični fiziki.[10] V zadnjih neka desetletjih se je teorija strun izkazala kot najbolj obetavna kandidatka za opis teorije gravitacije v mikroskopskem svetu, tako imenovane kvantne gravitacije, s čimer je postala edina teorija, ki je uspešno združila v en sistem vse 4 znane sile v vesolju in vso znano snov. Je ena izmed teorij, ki želi pridobiti oznako končna teorija vsega.[11] Prvi, ki je odkrito iskal poenoteno teorijo je bil Albert Einstein, ki je po razvoju in objavi splošne teorije relativnosti, večino časa posvetil iskanju končne teorije vsega. Teoriji strun je kot prvi uspelo to, o čemer je sanjaril že Einstein, združila je gravitacijsko silo s šibko in močno jedrsko silo ter elektromagnetno silo. Dejstvo, da fiziki še danes nadaljujejo z iskanjem velike enotne fizikalne teorije, je na neki način dokaz njihovega poklona

[6] Psevdotehnologija je področje tehnologije, ki temelji na psevdoznanostih.

[7] Paratehnika je »nora tehnika«, ki ne temelji na psevdoznanostih, ampak mogoče le na tradicionalnih magičnih teorijah (Mahner, 2007: 547).

[8] Psevdohumanizem je področje, ki se pretvarja, da producira humanistično znanje, čeravno je sestavljeno iz čistega intelektualnega nazadnjaštva (Mahner, 2007: 548).

[9] Parahumanistično področje je tisto, ki se pretvarja, da proizvaja humanistično znanje, čeravno je sestavljeno iz čistega intelektualnega nazadnjaštva, a se ne pretvarja, da spada v krog humanističnih ved (Mahner, 2007: 548).

[10] Teorija strun bo predstavljala bozonsko teorijo strun, vseh pet teorij superstrun in M-teorijo. Torej bo za lažji nazorni prikaz teorija strun označevala vse njene različice. Vse in še več o teoriji strun se lahko najde v knjigi B. Greena *Tkanina vesolja.*

[11] Končna teorija vsega mora zavzeti tako obliko, ki bo sposobna opisati vesolje tako, da ne bo zadela ob notranje nedoslednosti ali izzvala logičnih nesmislov. Po tej teoriji so stvari takšne, kot so, ker morajo biti takšne.

Einsteinu, ki je korenito spremenil dojemanje znanstvenega mišljenja in sam način znanstvenega mišljenja v dvajsetem stoletju (Hawking, 2005: 197).

Bistvena ideja teorije strun pravi, da obstaja v vesolju samo en temeljni gradnik imenovan struna (Güijosa, 2004). Poleg strune je zanjo značilno tudi obstoj 9 ali 10 prostorskih in 1 časovne dimenzije, kar predstavlja zelo veliko prepreko pri laičnem poskusu njenega razumevanja, saj smo ljudje navajeni na 3 prostorske in 1 časovno dimenzijo. Za potrebe članka se bomo izognili matematičnemu ozadju in razlagi teorije strun ter se osredotočili na njen osnovni gradnik. Struna je majhna enoali večdimenzionalna zanka, ki niha v različnih smereh. Njena velikost je primerljiva z velikostjo Planckove dolžine $l_P = \sqrt{(\hbar \cdot \kappa/c^3)} = \approx 1{,}616252 \cdot 10^{-35}$ m. Tako kot različne oscilacije muzikalnih strun proizvajajo različne tone, različne oscilacije osnovne strune ustrezajo različnim vrednostim fizikalnih lastnosti strune, kot sta njena masa ali spin. Glede na različne načine nihanja lahko določimo, ali je govora o fotonu, kvarku ali katerem drugem delcu. Fiziki so ugotovili, da lahko povežejo različne vzorce nihanja strun z drugimi lastnostmi, kot so električni naboj, naboj šibke sile in naboj močne sile. Vse te različne strune se med seboj razlikujejo samo v resonančnih nihajnih vzorcih in skupaj sestavljajo tako imenovano kozmično simfonijo (Greene, 2005: 159). Ker so strune osnovni gradniki vesolja, le-te niso sestavljene iz še manjših gradnikov. Torej je vprašanje o njihovi sestavi oz. strukturi brez pomena.

Za lažje primerjavo in preverjanje bomo teorijo strun obravnavali v širšem smislu, v katerem bomo združili skupaj vseh pet teorij superstrun (teorija I, teorija IIA, teorija IIB, heterotija 0(32) in heterotija $E_8 \times E_8$.) in M-teorijo.[12] Le-te se medsebojno razlikujejo glede na to, ali predpostavljajo zaprte ali odprte strune, kakšno kiralnost[13] in vijačnost[14] imajo njene strune ter v gaugevi simetriji skupine. M-teorija je razširjena oblika teorij superstrun, ker posamezne teorije superstrun s pomočjo dualnosti uspešno medsebojno povezuje. Med drugim predpostavlja obstoj dvodimenzionalnih membran ali 2D-bran. Vsebuje tudi druga telesa s p-prostorskimi dimenzijami, pri čemer je *p* lahko katerokoli celo število manjše od 10 (Greene, 2006: 455).

Ne glede na sprejemanje ali zavračanje teoretične vsebine teorije strun in M-teorije znanstveniki in teoretiki strun načrtujejo poskuse, s katerimi bi lahko v prihodnosti med drugim raziskali tudi področja velikostnega reda $10^{-18}m$. Če želimo preučevati strune, uporabni preiskovalni delci ne smejo biti mnogo večji od struktur, ki jih preučujejo (Greene, 2005: 167). Zato pospeševalniki in trkalniki delcev uporabljajo elektrone in protone kot sonde za preiskovanje, saj

[12] M-teorija je različica teorije strun, ki jo je formuliral Edward Witten. Imenoval jo je 11-dimenzionalna supergravitacijo, s pomočjo katere je pokazal, da so posamezne teorije superstrun medsebojno povezane s pomočjo transformacij, imenovanih dualnosti. M-teorija med drugim predpostavlja obstoj 2-D, 3-D ali do 10-D teles.

[13] Kiralnost je pojav, ki se kaže v tem, da slika predmeta ni enaka predmetu. Uporablja se v fiziki, kemiji in matematiki. V fiziki osnovnih delcev kiralnost pomeni, da delec razlikuje med levo in desno stran vrtenja glede na smer gibanja. S spinom se lahko tako določi levosučnost in desnosučnost delca.

[14] Vijačnost je v fiziki osnovnih delcev projekcija spina glede na smer gibalne količine in je psevdoskalar.

so ti zaradi svoje majhnosti veliko bolj primerni. Na teh mikroskopskih razdaljah je najprimernejša mera preiskovalne znanosti njegova kvantna valovna dolžina, ki je obratno sorazmerna z njegovo gibalno količino, ki določa njegovo energijo. Z večanjem energije točkastega delca krajšamo njegovo kvantno valovno dolžino, kar nam omogoča, da lahko raziščemo zelo majhne strukture. Netočkasta narava strune nam onemogoča, da bi jo uporabili za raziskovanje pojavov na razdaljah, krajših od Planckove dolžine (Greene, 2005: 169), če lahko sploh trdimo, da takšni objekti obstajajo. Če strune dosegajo velikost $10^{-18}m$, potem delci, ki ustrezajo višjim harmoničnim nihanjem, nimajo tako velikih mas, da bi presegale Planckovo maso, kot napoveduje standardni model. Njihove mase so le nekaj tisočkrat večje od mase protona, to pa je že v razponu in dometu hadronskega trkalnika,[15] zgrajenega v evropskem centru za jedrske raziskave CERN v Švici. Če bi to nihanje strun lahko vzbudili s pomočjo visokoenergijskih trkov, bi se detektorji v pospeševalniku razsvetlili kot novoletna jelka (Greene, 2006: 469). Teorija strun bi potem na podatkih pustila takšen pečat, ki ga ne bi mogli zgrešiti. Po *scenariju svetovne brane* bi morali visokoenergijski trki ustvariti celo majhne črne luknje. Črno luknjo lahko ustvarimo na svoji dlani, če sprejmemo splošno relativnost in stisnemo dovolj snovi. Edino, kar nas pri tem lahko ovira, je naša nezmožnost, da bi bili dovolj močni. A če je na majhnih razdaljah gravitacija večja, kot smo do zdaj verjeli, potem za nastanek črne luknje ne potrebujemo tako velike sile. Po teoretičnih izračunih bo veliki hadronski trkalnik zmogel dovolj moči, da bo pri visokoenergijskih trkih med protoni ustvaril mikroskopske črne luknje, s čimer bo omogočil potrditev ali zavrnitev nekaterih najbolj ekstravagantnih zamisli, med drugim tudi teorijo strun Problem je, da za zdaj ne moremo potrditi ali ovreči pravilnosti napovedi teorij strun, ker še nismo uspeli opraviti praktičnega poskusa, s katerim bi lahko pr vedli napovedi teorije strun. Zato obstaja možnost, da so le-te napačne in d strune ne obstajajo. In ravno to vprašanje nas popelje na področje razmejitvi znanosti od psevdoznanosti. Kam bi torej uvrstili teorijo strun?

Zagovorniki teorije strun slednjo predstavljajo tudi kot končno teorijo vsega. A četudi bodo zagovorniki teorije strun enkrat mogoče uspeli potrditi njene napovedi, se krog kritikov, ki prihajajo ne samo iz področja filozofije znanosti, ampak tudi iz fizikalnega področja, vztrajno povečuje. Eden izmed kritikov je tudi Lee Smolin.[16]

[15] Veliki hadronski trkalnik (LHC) je kompleks pospeševalnika električno nabitih osnovnih delcev, namenjen za trkanje nasprotnih tokov protonov z zelo veliko kinetično energijo. Glavni cilj je raziskovanje standardnega modela. Predvidevajo, da bi lahko potrdil obstoj Higgsovih bozonov, kar bi potrdilo napovedi standardnega modela. Zgradila ga je Evropska organizacija za jedrske raziskave (CERN) v Ženevi.

[16] Lee Smolin (1955) je ameriški teoretični fizik. Je eden izmed fizikov, ki so oblikovali zančno kvantno gravitacijo. Največ se ukvarja s kvantno teorijo, teorijo strun in ostalimi teorijami znotraj kvantne mehanike.

Kritika Lee Smolina

V obdobju krize znanosti se znanstveniki zatečejo po pomoč tudi k filozofski analizi teorij ter k logični analizi pojmov, domnevno nevprašljivih aksiomov in podrobnemu pregledu strukture teorij. To se je zgodilo s klasično Newtonovo mehaniko konec 19. stoletja, ko so je pojavila vrsta vprašanj glede združljivosti mehanske podobe sveta s teorijo elektromagnetizma, valovno teorijo svetlobe in atomsko hipotezo. Danes so podobne fundamentalne raziskave značilne za različne teorije kvantne gravitacije, med drugim tudi v teoriji strun.

Ali je teorija strun sploh znanstvena, se v sodobnem času sprašuje precej znanstvenikov, filozofov znanosti in ostalih, ki jih to področje zanima. Lee Smolin temu doda še vprašanje, ali so do sedaj opravljene raziskave vodile do uporabne matematike ali drugih problemov znotraj fizike (Smolin, 2006: 177). Sprašuje se, do katere mere je teorija strun izpolnila njeno osnovno obljubo kot teorija, ki bo združila teorijo kvantne gravitacije in fiziko osnovnih delcev. Takšna ocena ne sme temeljiti na nerealiziranih hipotezah ali na obljubah njenih privržencev, četudi so med njimi briljantni matematiki, priznani fiziki in znanstveniki drugih smeri. Pri teoriji strun je govora o znanosti, pri čemer vemo, da lahko resničnost teorije ocenjujemo na podlagi rezultatov, ki so objavljeni v znanstveni literaturi, kjer moramo razlikovati med domnevo in dokazom (Smolin, 2006: 178).

Problem pri teoriji strun je, trdi Smolin, da je v kontinuiranem razvoju že 40 let. Od tega se že 20 let z njo ukvarjajo najboljši znanstveniki sveta, a nas do zdaj še ni vodila do oblikovanja novih potrditvenih poskusov. Ob tem se ukvarja tudi z večino podatkov in dejstev, ki so že bila pojasnjena. Skoraj vse ključne domneve so stare vsaj 10 let in nič ne kaže, da bi se kaj spremenilo (Smolin, 2006: 179). Ker so se v teh 40 letih razvile še druge teorije, ki se prav tako trudijo povezati kvantno mehaniko z gravitacijo, je zdaj ravno pravi čas, da poskusimo podati kritično oceno.

Najprej bomo poskusili poiskati povezavo med teoretičnimi napovedmi in opazovanji ter poskusi. Za zdaj teorije strun ne moremo empirično preveriti, ker ne posedujemo dovolj znanja, nimamo razvite primerne tehnologije in oblikovanih izvedljivih eksperimentov (Smolin, 2006: 179). To sicer predstavlja precej močan razlog, da bi se z njo morali prenehati ukvarjati. A nam teorija tega enostavno ne dovoli, saj predstavlja preveliko skušnjavo s tem, kaj bi pridobili, če bi se izkazalo, da je resnična. Trenutna zgradba in sestava teorije strun je nepopolna, saj nimamo sprejetih niti osnovnih principov niti oblikovanih temeljnih enačb, ki naj bi jo predstavljale. Naše znanje o teoriji strun je sestavljeno predvsem iz okvirnih rezultatov, približkov in domnev, ki izhajajo iz posameznih različic teorije strun. Ob tem določene značilnosti posameznih teorij strun predstavljajo probleme, katere je odstranila šele M-teorija, ko je z vpeljavo dualnosti povezala vse različice teorij superstrun v enotno teorijo. Le-ta se prav tako ubada z določenimi težavami. Med drugim nima oblikovanih osnovnih principov in napisanih osnovnih zakonov ter predstavlja le skupek domnev.

Smolin trdi, da lahko iz tega izpeljemo, da če sprejmemo katerokoli od petih teorij superstrun, moramo sprejeti, da le-ta nima nič v zvezi z naravo, ker nobena ni zmožna priskrbeti eksperimentalnih podatkov in dokazov. Tako naše upanje za uspeh tiči v sprejetju M-teorije, katere obstoj temelji zgolj na domnevi. Njeni zagovorniki seveda tej oceni nasprotujejo in zagotavljajo, da je M-teorija še kako resnična in pravilna. Po drugi strani Smolin spet odgovarja, da to prav tako temelji na domnevi (2006: 182). Pravi, da moramo priznati, da dejansko teorije strun ne obstajajo, ampak obstajajo le rešitve klasičnih matematičnih enačb. Njihov pomen je popolnoma odvisen od obstoja teorij, ki jih do zdaj še nihče ni uspel formulirati in dokazati. Torej lahko sklepamo, da ni razloga, ki bi nas prepričal, da je katera izmed njih pravilna (Smolin, 2006: 183). Ob tem moramo pustiti možnost, da lahko teorijo, ki bo zadovoljila pričakovanja, vseeno kdo nekoč oblikuje. Hkrati pa se moramo zavedati, da obstaja možnost, da takšne teorije nikoli ni bilo in ne bo mogoče oblikovati.

Teorija strun naj bi predstavljala nadgradnjo standardnega modela, a za zdaj ni izpolnila svojih pričakovanj. V tem trenutku vsa prihodnost teorije strun sloni na M-teoriji, čeprav tudi njo lažje označimo za model kot pa za vzpostavljeno teorijo. Njeno največjo šibkost predstavlja dejstvo, da ni formulirana kot teorija, ki bi bila neodvisna od ozadja[17] (Smolin, 2006: 183). Sicer bozonska teorija strun vsebuje domnevo, da je iz nje možno izpeljati Einsteinovo splošno relativnost. A ta rešitev temelji na 26 prostorsko-časovnih dimenzijah in predvideva obstoj tahionov, zaradi česar ne predstavlja verjetnega odgovora. S tem, ko so jo želeli preoblikovati in so ji dodali supersimetrijo, so oblikovali 5 različnih teorij superstrun. Tako je temeljni zakon postal precej bolj zapleten (Smolin, 2006: 187), s čimer je skupek vseh petih teorij superstrun postal precej bolj kompleksen, kot je bila prvotna teorija.

Glede na delne dokaze brez konkretnih rezultatov, ki jih je teorija strun ponudila, je nemogoče vedeti, ali teorija strun dejansko predstavlja enotno teorijo sveta. Smolinova zavrnitev teorije strun kot legitimne znanstvene teorije med drugim temelji tudi na predpostavki, da se je z njo, brez prave potrditve, ukvarjalo veliko fizikov, kar predstavlja zadostni razlog, da jo označimo kot napačno (2006: 190). Po drugi strani ji daje precejšnje priznanje za dokaze za obstoj črnih lukenj in p-bran, za katere obstaja celo upanje, da bodo v bližnji prihodnosti opazovalno preverljive. Ne glede na trenutno nezmožnost dokaza njene resničnosti to še ne pomeni, da napovedi teorije niso niti pravilne niti napačne Ravno zato ne smemo prehitro sprejemati nepreverjenih in nepotrjenih sodb te odločitev.

Smolin (2006: 198) zaključi, da bi morali pozornost preusmeriti na ostale teorije, ki se ukvarjajo z iskanjem končne teorije vsega, z razlago kvantne gravitacije, obstoja črnih lukenj in ostalih problemov ter nerešenih fizikalnih pojavov. A četudi Smolin zavrača teorijo strun kot legitimno znanstveno teorijo,

[17] Neodvisnost od ozadja predstavlja koncept ali predpostavko, da je narava naše realnosti konsistentna skozi ves prostor in čas. Ta predpostavka je temelj v vseh fizikalnih znanostih. Noben opazovalec ne more izvesti meritve, ki bi bila logično nekonsistentna s prejšnjimi merjenji, če je bila meritev opravljena pod sklopom pravil, ki je neodvisna od prostora in časa opazovanj.

ker ima preveč nepovezanih koncev in težav, pravi, da se ukvarjanje z njo ne bi smelo končati, vsaj tako dolgo ne, dokler obstaja možnost njene potrditve.

Teorija strun in filozofski kriteriji znanstvenosti

Teorija strun ponuja enoten in enostaven opis vesolja in njegovih osnovnih delcev, ki temelji na predpostavki, da je najmanjši gradnik v vesolju struna in da živimo v večdimenzionalnem svetu. Teorija strun s svojimi napovedmi o obstoju gravitona, vključenosti supersimetrije, dualnosti med različnimi teorijami superstrun, o obstoju črnih lukenj, 11 dimenzijah in velikosti, masi ter ostalih lastnostih strun zadovolji tako kriterij koherentnosti kot delno tudi napovedljivosti. Tudi matematično ozadje teorije strun se je v teh 4 desetletjih precej razvilo in dopolnilo in izmed vseh alternativnih teorij poenotenja predstavlja najbolj konsistenten, koherenten sistem, z veliko napovedno močjo. Filozofija znanosti v 20. stoletju je v obravnavi problema psevdoznanosti predlagala nekaj kriterijev razločevanja. Oglejmo si, kako bi sedanje stanje razprav v teoriji strun iz svojih teoretskih izhodišč ocenili logični pozitivisti Popper, Kuhn in Lakatos.

Teorija strun in logični pozitivizem

Logični pozitivisti so želeli ločiti smiselne trditve od nesmiselnih. Stavek je pomenljiv, če je preverljiv. Znanstvene trditve so obravnavali kot preverljive in smiselne. Trditve metafizike, religije in različnih ideologij so zanje nesmiselne (Mahner, 2007: 517). Med znanosti pa so uvrščali tiste teorije, katerih napovedi in ugotovitve so temeljile na empirični preverljivosti pomena njihovih trditev. Glede na težavo s testiranjem, s katero se teorija strun srečuje že vse od formulacije bozonske teorije strun naprej, lahko trdimo, da je logični pozitivisti ne bi uvrstili med empirično preverljive znanosti. Obravnavali bi jo podobno kot astrologijo ali ostale tako imenovane psevdoznanstvene teorije. Znanstvene razprave o pomenski plati teorije strun potekajo že skoraj 40 let. V tem času se je teorija strun precej spremenila in izoblikovala, a še vedno ima težave z empiričnim preverjanjem lastnih napovedi. V zadnjem času so zagovorniki teorije strun izoblikovali vsaj 4 poskuse, s pomočjo katerih naj bi najenostavneje potrdili določene napovedi teorije strun in posledično potrdili preverljivost teorije in njen obstoj. A do zdaj še niso prišli do kakršnihkoli uporabnih rezultatov. Za delno potrditev teorije strun se lahko šteje odkritje kvark-gluonske plazme, ki naj bi predstavljala snov, iz katere so sestavljene črne luknje. Tudi nematični tekoči kristali omogočajo preverjanje napovedi, ki jih daje teorija strun, s čimer analogno potrjujejo njeno resničnost. Dokler poskusi ne bodo zagotavljali pravih, neanalogno preverljivih rezultatov, ki jih lahko primerjamo z napovedmi, tako dolgo teorija strun, skozi oči logičnih pozitivistov, ne bi bila sprejeta kot znanstvena. A po drugi strani je v kriteriju razmejitve znanosti pri logičnih pozitivistih znana težava v načelni nemožnosti dokončne preverljivosti splošnih trditev, ki jih ne moremo dokončno niti potrditi

niti zavrniti. V primerih, ko smo soočeni s splošnimi trditvami, kot je »za vse X velja, da če je A potem B«, opazovanje pojava B potrdi pojav A le induktivno in nikoli dokončno. S pomočjo teze preverljivosti zato sploh ne moremo dokončno preveriti znanstvenih trditev.

Ugotovimo lahko tudi, da so zagovorniki teorije strun v zadnjih nekaj letih uspeli oblikovati in sestaviti več različnih poskusov, s pomočjo katerih naj bi tudi empirično potrdili obstoj in resničnost njenih napovedi. Pri tem se spopadajo s težavami, ki se nanašajo predvsem na premalo in preslabo tehnološko podporo, saj za zdaj ne posedujemo potrebnega znanja, naprav in tehnologije, ki bi omogočala testiranje in preiskovanje na velikostih $l = 10^{-18}$, kaj šele v velikostih Planckove dolžine. Kljub temu se teorija strun trudi uspešno proizvajati različne napovedi in ponujati teoretične razlage fizikalnih pojavov.

Teorija strun in falzifikacionizem

Karl Popper[18] je razvil teorijo, ki naj bi se uspešno upirala problemom, na katere smo naleteli pri poskusu razlage in ločevanja med področji znanosti in neznanosti. Njegove ideje so imele v 20. stoletju globok vpliv na teorije posameznih znanstvenih metod. Vsaka znanost se začne s hipotezo ali teorijo (Goodstein, 2000). Cilj znanosti je iskanje resnice, pri čemer nam lahko pomaga metodologija falzifikacionizma. Problem razmejitve pa predstavlja ključ, ki nam bo, po mnenju Popperja, pomagal razrešiti večino temeljnih problemov znotraj filozofije znanosti.

Teorija falzifikacije trdi, da se lahko stavki empirične znanosti ovržejo samo z empiričnim izkustvom in osnovnimi stavki, nikakor pa jih ne moremo potrditi. Stavki morajo biti dokončno odločljivi, kar pomeni, da mora biti njihova oblika takšna, ki omogoča logično ovržbo (Popper, 1998: 37). Osnovno logično pravilo, ki se pri falzifikaciji uporablja, je modus tollens: »Če je *p* mogoče izpeljati iz *t*, pri čemer je *p* napačen, potem sledi, da je tudi *t* napačen« (Popper, 1998: 78). S tem načinom sklepanja lahko ovržemo tako teorijo kot tudi njene začetne pogoje. Preverjanje splošnega stavka ni isto kot verifikacija pri logičnih pozitivistih, saj je vedno le začasnega značaja in je izpostavljeno mnogim korekcijam. Popper je uvedel različne stopnje preverjanja in pojem podkrepitve neke hipoteze ali teorije. Če hipoteza način preverjanja s poskusi falzificiranja prestane, potem je, pravi Popper (1998: 297), začasno podkrepljena in jo lahko ohranimo nespremenjeno za nadaljnje znanstveno delo.

Za teorijo lahko rečemo, da je bila ovržena le, če smo sprejeli takšne osnovne stavke, ki so bili v nasprotju z njo in če ti isti stavki hkrati podkrepijo ovržbeno hipotezo ali teorijo (Popper, 1998: 89-91). Tak pristop nam na neki način omogoča razumevanje znanosti. Če ne bi obstajale okoliščine, ki bi nas vodile k zavrnitvi teorije, se nam ne bi bilo treba ukvarjati z raziskovanjem hipotez ali teorij, ki v tem primeru ne bi mogle biti napačne (Newall, 2005). Četudi teorija,

[18] Karl Popper (1902) je bil avstrijsko-angleški filozof, ki se je ukvarjal pretežno s filozofijo znanosti. Njegovo najbolj znano delo je *»Logika znanstvenega odkritja«*, napisano leta 1934, v kateri predstavi in zagovarja teorijo falzifikacije.

ki jo falzificiramo, ni nikoli falzificirana, nas ta pristop prisili v iskanje druge, boljše teorije in posledično omogoča napredek v znanosti. Sofisticirana oblika falzifikacije zahteva, da če želimo določeno teorijo T_1 falzificirati, mora biti zadoščeno 3 pogojem:

1. obstajati mora teorija T_2, ki predvideva nova dejstva in napovedi, ki jih teorija T_1 ne more;
2. da teorija T_2 razloži vse, kar je prej razložila teorija T_1 in
3. da je nekaj teh novih napovedi bilo eksperimentalno potrjenih.

Teorije ne smemo falzificirati, dokler nekdo ne predstavi boljše. Za Popperjevo (1998) teorijo falzifikacije je pomembno predvsem testiranje več različnih hipotez ali teorij, izmed katerih se, s pomočjo poskusov, izbere tista, ki je z njimi uspešno opravila. Seveda se teorijo tako dolgo preverja, da pridemo do njene zavrnitve. Sele tedaj jo lahko označimo za znanstveno. Glede na Popperjev kriterij razmejitve spadajo fizika, kemija in psihologija med znanosti, psihoanalizo označi za preznanost,[19]" medtem ko astrologijo uvrsti med psevdoznanosti. Čeprav znanost ne more doseči resnice, sta njena najmočnejša motiva težnja po spoznanju in iskanje resnice. Njen napredek je usmerjen k odkrivanju neskončnega, vendar dosegljivega cilja (Popper, 1998: 311).

Za zdaj teorija strun predstavlja najboljšo alternativo pri formuliranju končne (enotne) teorije vsega, saj predstavlja nadgradnjo standardnega modela, združuje vse štiri znane sile, šibko in močno jedrsko silo, gravitacijsko silo in elektromagnetno silo ter zajema vso znano snov. Napovedi, ki naj bi jih teorija strun podala, naj bi bile mnogo bolj natančne in podrobne od napovedi, ki jih daje standardni model. Pri tem naletimo na težavo, ker so napovedi pri obeh teoretične narave, zaradi česar večine izmed njih nismo zmožni uspešno empirično preverjati. Pri takšni razlagi ima standardni model prednost, saj so do zdaj skoraj vsa eksperimentalna preverjanja potrdila nekatere napovedi standardnega modela, kot so na primer obstoj bozonov W in Z, gluonov in kvarkov »vrh« in »čar«. Na drugi strani pa nam pri teoriji strun, vsaj za zdaj, ostanejo le bolj ali nanj uspešne domneve, katerih še ne moremo eksperimentalno preveriti. Teorija strun predvideva nova dejstva in napovedi, kot to zahteva Popper, pri katerih naj bi bila bolj ali manj uspešna, ker vključuje tudi tista področja, ki jih standardni model ne. Hkrati tudi uspešno razloži tista področja in napovedi, ki jih vsebuje standardni model. Težava se pojavi pri potrjevanju teh novih napovedi z empiričnim testiranjem. Podkrepitev, in posledično njena napovedna moč, teorije strun bo naraščala z vsakim dodatnim poskusom njenega zavračanja, ki ga bo preživela. A vse dokler bodo ti poskusi le teoretične narave, je teorija strun kot končna teorija vsega obsojena na bitko, iz katere ne more iziti kot zmagovalka, še posebej ne v svetu, v katerem se znanstvenost dojema skozi oči empiričnih poskusov, testiranj in preverjanj.

Pri poskusu falzifikacije teorije strun se nam že na začetku pojavi nepremostljiva težava, saj kot vemo, napovedi teorije strun vsaj do sedaj niso bile empirično potrjene niti zavrnjene. Če želimo teorijo strun ovreči, moramo

[19] Preznanost je oznaka za teorije, ki vsebujejo uporabne in informativne resnice, a niso oblikovane tako, da bi jih lahko falzificirali in posledično označili za znanstvene (Thorton, 1997).

oblikovati poskus, ki bo s tem, ko bo dokazal resničnost drage teorije, na primer standardnega modela, hkrati le-to ovrgel. A to je samo ena izmed možnih falzifikacij. Ker še nismo uspeli oblikovati poskusa, ki bi napovedi teorije strun uspešno preveril, je enostavno za zdaj ne moremo niti potrditi niti ovreči. Teorije, ki je ne moremo falzificirati, torej ovreči, ne moremo označiti za znanstveno. Toda leta 2007 so fiziki v Brookhavenovem nacionalnem laboratoriju v New Yorku uspeli ustvariti snov, imenovano kvark-gluonska plazma. Predstavljala naj bi stanje snovi nekaj milisekund po velikem poku. Takšna plazma, opisana s tremi dimenzijami, naj bi natančno ustrezala črni luknji v višjem dimenzionalnem prostoru, saj so pokazali, da je lastnost tekoče plazme opisana z istimi fizikalnimi enačbami kot večdimenzionalna črna luknja (Mitton, 2007). Teoretično povezavo med črnimi luknjami in strunami lahko poimenujemo fazna sprememba. V prvi fazi oz. prvem Calabi-Yaujevem prostoru zvitih dimenzij[20]" obstajajo določene črne luknje. V drugi fazi te črne luknje doživijo fazno spremembo in postanejo osnovni nihajni vzorci strun. Trganje prostora Vesolja nas popelje od ene faze do druge. S spreminjanjem sklopitvene konstante in Calabi-Yaujeve geometrije dosežemo uvid, da so vse strunske zgradbe različne faze ene same teorije (Greene, 2005: 343). Za dokončno potrditev ali zavrnitev obstoja črnih lukenj v tem trenutku nimamo na voljo dovolj podatkov, zmogljivih naprav, primernih poskusov in znanja.

Večina zagovornikov standardnega modela in teorije strun stavi na največji in najzmogljivejši trkalnik in pospeševalnik delcev v CERNU, ki so ga zagnali septembra 2011. Le-ta presenetljivih rezultatov za zdaj še ni podal. To naj bi se spremenilo, ko bo pospeševalnik pričel obratovati s polno močjo. Njegov namen je predvsem potrditi veliko število osnovnih fizikalnih delcev, ki za zdaj obstajajo le v teoretični obliki, in obstoj Higgsovega polja. S tem, ko bomo lahko preučevali vedno manjše velikosti, bomo vedno bližje odkritju strun, ki naj bi bile najmanjši gradniki sveta. Vsaj tako dolgo, dokler ne bomo ponovno odkrili ali vsaj napovedali še manjših. Vpogled v svet strun nam morda omogoča fizika tekočih kristalov, ki predstavlja laboratorij za preverjanje vseh fizikalnih pojavov. Omogoča nam preverjanje topoloških defektov, med katere uvrščamo tudi kozmološke strune. Znanstveniki so uspeli, s pomočjo optičnega mikroskopa, pridobiti fotografije strun v nematičnih tekočih kristalih, s čimer je prišlo dc posredne potrditve njihovega obstoja.

Popperjev predlog, da bi morali napadati posamezne teorije na njihovih najbolj ranljivih mestih, ni najbolj združljiv z delovanjem znanstvene skupnosti. V znanosti se po navadi zasluge dodelijo tistim, ki oblikujejo resnične in pravilne teorije in ne napačnih, še manj pa tistim, ki demonstrirajo pravilnost ali nepravilnost napovedi (Goodstein, 2000: 5). Torej, četudi teorije strun ne moremo falzificirati in je zato ne moremo označiti za znanstveno teorijo, ji s tem nismo odvzeli njene verodostojnosti in prihodnosti, saj je znotraj modeme znanosti oz. katerekoli znanosti zelo težko razviti teorijo, ki bi ustrezala vsem zahtevam teorije falzifikacije. Popperjev kriterij pa je med znanstveniki vseeno

[20] Calabi-Yau prostor zvitih dimenzij je posebna vrsta prostora, ki se uporablja v teoretični fiziki, natančneje v teoriji superstrun, kjer dodatne prostorsko-časovne dimenzije ustrezajo obliki 6-dimenzijskemu Calabi-Yau prostoru.

zelo vpliven, kot kaže naslov knjige pomembnega kritika teorije strun, Petra Woita – *Niti napačna ni: neuspeh teorije strun in iskanje enotnosti v zakonih fizike*.[21]

Teorija strun in Kuhnova teorija znanstvenih revolucij

Kuhnov[22] pojem paradigme in njegov sociološko-zgodovinski oris znanosti in njenega razvoja sta postala pomembni orodji pri razlagi znanosti in načina njenega delovanja. Kuhnov model razlage znanosti opisuje razvoj znanstvenih disciplin kot potovanje skozi različne stopnje razvoja od nezrele znanosti do normalne znanosti, ki jo je vzpostavila paradigma, in nato prek revolucionarne znanosti do nove normalne znanosti.

Znanost postane zrela takrat, ko pridobi lastno paradigmo. S paradigmo označujemo posamezno znanstveno raziskovanje, ki temelji na skupnih modelih teorije in zakonov ter upošteva ista pravila, standarde in znanstveno prakso (Kuhn, 1998). V obdobju normalne znanosti obstaja soglasje o določenih sprejetih znanstvenih paradigmah o tem, kateri pojavi so pomembni, kako jih je mogoče pojasniti in kaj lahko sprejmemo kot pojasnilo. Normalna znanost napreduje takrat, ko člani zrele znanstvene skupnosti delajo v okviru posamezne paradigme in različne znanstvene skupnosti pogosto raziskujejo iste probleme in pojave. Znanstvena skupnost je izredno učinkovit inštrument za reševanje problemov ali ugank, ki jih določajo njene paradigme (Kuhn, 1998: 149).

Kaj se zgodi, če se določenega problema z obstoječo paradigmo ne da rešiti? Takrat imamo na voljo več strategij, od ignoriranja težave, iskanja skritih dodatnih pogojev, do izumljanja novih posebnih zakonov, oblikovanih po meri za rešitev problema (Ule, 2006: 143). Če to ne reši problema, potem se lahko zgodi, pravi Kuhn, da kakšen znanstvenik razvije povsem nove poglede, smernice in teorije. Nove eksperimentalne ugotovitve, neskladnosti ali anomalije[23] med različnimi deli teorije lahko povzročijo nastanek krize in naposled sprožijo znanstveno revolucijo. Znanstveniki se morajo nato dogovoriti, ali bodo na osnovi danih anomalij spremenili in zamenjali svoj dotedanji teoretski pristop (Kuhn, 1998: 58).

Običajno šele mlajši znanstveniki, kot so bili, vsak v svojem času glede na svoje okolje, Newton, Lavosier ali Einstein, ki niso bili prežeti in obremenjeni s takratnimi veljavnimi in sprejetimi teorijami, lahko anomalije uspešno odpravijo v novem teoretskem okviru. V določenih primerih se pojavi nova paradigma in boj za sprejetje ene izmed paradigem. Tekmovanje med paradigmami pa ni tiste vrste boj, ki ga lahko odločijo dokazi, meni Kuhn (Kuhn, 1998: 134). Ker zagovorniki različnih paradigem ne morejo vzpostaviti popolnega stika s stališči drug drugega, nas to privede do nesoizmerljivosti ali

[21] Peter Woit (2007). *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search far Unity in Physical Law*. Basic Books.

[22] Thomas Samuel Kuhn (1922–1996) je bil ameriški fizik, ki se je ukvarjal predvsem z zgodovino znanosti in filozofijo znanosti. Njegovo najbolj znano delo je *Struktura znanstvenih revolucij*.

[23] Anomalije so teoretsko nepredvidljive in nepojasnjene nepravilnosti, ki se s časom začnejo kopičiti in na koncu privedejo do nastanka kriz (Kuhn, 1998: 57).

medsebojne neprimerljivosti paradigem, med pred in porevolucionarno znanstveno tradicijo. Kriza najde svojo rešitev v znanstveni revoluciji, ki vodi do nastanka oz. sprejetja nove paradigme (Kuhn, 1998: 76).

Nova normalna znanost, ki se pojavi kot posledica znanstvene revolucije, ni samo nezdružljiva, ampak je po Kuhnovem mnenju tudi neprimerljiva s tem, kar je veljalo pred njo. Prehod se začne v trenutku, ko posameznik ali skupina posameznikov prvič izvede sintezo, ki lahko pritegne pozornost večine praktikov iz naslednje generacije, ko začnejo šole, ki so razlagale staro paradigmo, sprejemati novo. Sprememba paradigme tako povzroči, da znanstveniki vidijo svet svojega raziskovalnega področja drugače, kot so ga videli do tedaj (Kuhn, 1998: 105).

Ali sta teorija strun in standardni model dve tekmujoči paradigmi sodobne fizike?

Tako standardni model kot teorija strun stremita k poskusu podajanja popolnega opisa sveta. Do sedaj skoraj vsa eksperimentalna preverjanja napovedi standardnega modela le-te tudi potrjujejo. Po drugi strani vsebuje standardni model tudi nekaj do sedaj nedokazljivih napovedi, med katere uvrščamo Higgsov bozon in mase osnovnih delcev. Ker ne predvideva obstoja gravitonov in posledično kvantne gravitacije, ga, vsaj v tej formulaciji, ne moremo obravnavati kot končno teorijo vsega. Zaradi tega imamo pri poskusu popolnega razumevanja nastanka in trenutnega stanja sveta na voljo le končne teorije vsega, ki s pomočjo vseh štirih naravnih sil, združenih v enotni teoriji, opisujejo delovanje sveta, a se spopadajo s podobnimi težavami kot standardni model, saj jim manjka empiričnih potrditev. Mednje uvrščamo teorijo strun, zančno teorijo kvantne gravitacije in teorijo vzročne dinamične triangulacije. Kljub temu pa imajo eno veliko prednost pred standardnim modelom, ne glede na to, da je le-ta precej bolj eksperimentalno preverjen, in to je, da vključujejo vse 4 znane sile.

Oglejmo si teorijo strun iz Kuhnove sociološke perspektive. Teorija strun je ena izmed alternativnih končnih teorij vsega, ki se borijo za prevlado na področju iskanja poenotene teorije vsega. V zadnjih 40 letih se je z njo ukvarjalo ogromno teoretičnih fizikov, podiplomskih študentov in ostalih fizikalnih znanstvenikov, ki so želeli sodelovati pri razvoju enotne teorije sveta. Proti koncu 20. stoletja je bilo teoretičnim fizikom in podiplomskih študentom na nek način onemogočeno ukvarjanje s čimerkoli drugim kot teorijo strun. Ob vsej tej pozornosti, je bila deležna tudi visoke finančne podpore, ki je njenim zagovornikom omogočala znanstveno raziskovanje. V tem času je izšlo preko 10.000 znanstvenih del, člankov in raziskav na temo teorije strun. Iz tega lahko sklepamo, da je znanstvena skupnost sprejela teorijo strun kot vodilno predstavnico enotne teorije sveta. Zaradi mnogo anomalij, ki jih standardni model ne more teoretično pojasniti, a jih teorija strun domnevno lahko, bi moralo slej kot prej priti do spremembe znanstvenega okolja. Toda glede na 40 let trajajoč razvoj teorije strun, znotraj katerega nobena alternativna končna teorija vsega ni imela večjega uspeha pri pojasnjevanju, lahko domnevamo, da se trenutno nahajamo v obdobju tako imenovane krize. Za obdobje krize je značilno, da vsak problem,

vsako anomalijo, vsako napoved preverjamo tudi s pomočjo drugih teorij. Zdaj je teorija strun le ena izmed teorij, ki se borijo za prevlado in dokončno zmago.

Kuhn pravi, da lahko določena teorija dokončno prevzame primat šele, ko je interes študentov, mladih znanstvenikov usmerjen v novo teorijo in ko pričnejo ostali člani znanstvene skupnosti, pri čemer mislim predvsem na starejše fizike in teoretike, opuščati staro (Kuhn, 1998). To stopnjo sprejetosti lahko določena teorija doseže šele, ko je sposobna rešiti neki obče veljaven problem, ki drugače ni rešljiv, in zagotoviti, da bo ohranila sposobnost reševanja problemov, ki so se nakopičili v preteklosti in so jih nekatere teorije že rešile. Teorija strun je združila vse štiri naravne sile in vso snov v enotno teorijo, kar zadošča prvemu pogoju. Hkrati pa obljublja, da bo rešila tudi druge probleme. Četudi je sposobna teoretično podpreti svoje napovedi, jih empirično dokazati za zdaj še ne more. Teorijo strun lahko, ne glede na njeno trenutno nezmožnost proizvajanja eksperimentalnega preverjanja lastnih napovedi predvsem zaradi podpore znanstvene skupnosti in izdatne finančne pomoči, po Kuhnu označimo kot znanstveno teorijo. A šele po koncu obdobja krize, v katerem se nahajamo, bomo lahko tudi dejansko ocenili, ali teorija strun zares predstavlja enotno teorijo vsega.

Teorija strun in znanstvenoraziskovalni programi

Imre Lakatos je razvil teorijo znanstvenoraziskovalnih programov, s katero je združil Popperjev falzifikacionizem in Kuhnovo pojmovanje znanosti. Po Lakatosu je znanstvena skupnost boj med rivalskimi teorijami, v katerem svet (narava) deluje kot sodnik. Njegov kriterij falzifikacije lahko opredelimo takole: Neka teorija *T* je ovržena z dejstvom *E*, kadar obstaja neka teorija *T'*, ki je boljša od *T*, in kadar spada *E* med tista dejstva, ki podpirajo rivalsko teorijo *T'*. Toda teorijo *T* lahko izpodbije rivalska teorija *T'* tudi brez protidejstva *E* (Ule, 2006: 160).

Po njegovi teoriji posamezen znanstvenoraziskovalni program združuje več alternativnih teorij, ki se morajo nanašati na skupno teorijsko jedro tega programa. Lakatos uporablja termin »teorija« za opis določenega sistema trditev o spremembah, ki proizvajajo različne napovedi znotraj istega raziskovalnega sistema (Newton-Smith, 2003: 79). Lakatos deli vsak znanstvenoraziskovalni program na trdno jedro programa (teorijsko jedro), negativno hevristiko in pozitivno hevristiko. Teorijsko jedro znanstvenoraziskovalnega programa je sestavljeno iz skupine teoretičnih trditev oz. splošnih stavkov, ki jih ne sme prizadeti nobena anomalija, če želimo ohraniti identiteto raziskovalnega programa nedotaknjeno. Vsaka teorija, ki si želi biti del znanstvenoraziskovalnega programa, mora vsebovati oz. se nanašati na te teoretične trditve. Negativna hevristika programa je oznaka za metodološki princip, ki določa, da se ob nastanku anomalij ne sme opustiti sestavin teorijskega jedra. Primer teorijskega jedra je Newtonova teorija gravitacije, Newtonov zakon dinamike in zakon univerzalne gravitacije (Lakatos, 1978: 49). V okviru negativne hevristike anomalije, ki se pojavijo kot grožnja določeni teoriji, ne vplivajo na sprejete postulate oz. znanstveniki tega ne smejo dovoliti.

Napetost, ki jo anomalije povzročijo, lahko zmanjšamo s pomočjo pomožnih hipotez, opazovalnih hipotez ali hipotez, ki se nanašajo na začetne predpostavke. Smernice o tem, kaj je potrebno narediti, ko se teorije srečajo z anomalijami, nam lahko poda pozitivna hevristika raziskovalnega programa, ki je sestavljena iz delno oblikovanega niza predlogov o tem, kako spremeniti, razviti »ovrgljive alternative« raziskovalnega programa, kako modificirati ovrgljiv zaščitni pas (Lakatos, 1978: 50). Pozitivno hevristiko predstavljajo na primer vodilne metafizične predstave o svetu, ki ležijo v osnovi teorijskega jedra raziskovalnega programa, kot je mehanicistična podoba sveta v klasični mehaniki (Ule, 2006: 163). Pozitivna hevristika za Lakatosa predstavlja natančen recept, kako ravnati z anomalijami in njihovimi vplivi na teorije, postulate in posledično na raziskovalne programe. Hevristika oz. hevristična sredstva, ki sestavljajo raziskovalne programe, pomagata znanstvenikom pokazati pot, po kateri naj gredo, da lahko uspešno rešijo neki problem, oz. poti, katerim naj se izognejo. Posledično razlikujemo raziskovalne programe glede na njihov hevristični potencial, ki predstavlja, koliko novih dejstev so proizvedli in kako velika je njihova sposobnost za pojasnilo protiprimerov med njihovo rastjo (Ule, 2006: 159). Znanstvenoraziskovalni program pojmovno ustreza Kuhnovi normalni znanosti z neko obstoječo znanstveno paradigmo.

V našem primeru lahko teorijo strun uvrstimo kot eno izmed alternativnih teorij znotraj znanstvenoraziskovalnega programa, ki se dotikajo istega teorijskega jedra, ki si želi podati končno teorijo vsega. Kot rivalski znanstvenoraziskovalni program lahko označimo standardni model, pri katerem so njegovi zagovorniki do sedaj prejeli že 20 Nobelovih nagrad, s čimer ga lahko, znotraj znanstvene skupnosti, označimo za splošno sprejeto teorijo. Četudi ima standardni model nekatere pomanjkljivosti, to ne ovira njegovih privržencev, da ga ne bi še naprej zagovarjali in kritizirali alternativne teorije. Tudi teorija strun ima svoje zagovornike, ki neutrudno iščejo načine, kako oblikovati poskuse, ki bi empirično potrdili njen obstoj. Oba programa si želita razložiti nastanek in razvoj vesolja in sveta ter strniti le-to v poenoteno teorijo vsega, zato ju moramo obravnavati kot rivalska programa. Pri tej nalogi je teorija strun v pojasnjevalni prednosti, ne glede na uspehe standardnega modela, saj vključuje tudi gravitacijsko silo. Če želimo, da teorija strun izide iz tega dvoboja kot zmagovalka, mora med drugim delovati kot falzifikator standardnega modela. Lakatos trdi, da lahko eno teorijo zamenjamo z drugo, če novejša teorija omogoča napoved novih dejstev, vsebuje in razloži vse relevantne pojave, ki jih je pred tem razložila starejša teorija, uspešno prestane nekaj testiranj svojih napovedi in razloži do tedaj nepojasnjene anomalije starejše teorije (Lakatos, 1978). Teorija strun v osnovi zadosti vsem pogojem razen uspešnega prestajanja testiranja, saj do sedaj še nismo uspeli oblikovati zadovoljivega poskusa, s katerim bi jo lahko preverili. Toda uspeli smo s pomočjo tekočih kristalov analogno dokazati obstoj kozmoloških vzmeti (strun), ki so nastale po velikem poku. Tako kot je prišlo do zloma simetrije po velikem poku, lahko opazujem zlom simetrije tudi v tekočih kristalih. Defekti, ki nastanejo po zlomu simetrije v tekočih kristalih, so podobni kozmološkim strunam. V obeh primerih na začetku majhna fazna sprememba vodi do progresivno naraščajočih struktur. Tekoči kristali tako predstavljajo poligon, kjer lahko matematično testiramo topološke

defekte, med katere uvrščamo tudi kozmološke strune. Tudi standardni model ne opisuje vsega, kar je pripeljalo do iskanja boljše teorije, saj med drugim ne vključuje gravitacijske sile, katere ne more podati v obliki kvantne teorije gravitacije. Zato ga kot celoto lahko obravnavamo le skupaj s splošno teorijo relativnosti, ki opisuje delovanje gravitacijske sile. Standardni model tako predstavlja sprejet in uveljavljen raziskovalni program, ker teorija strun, kot alternativni raziskovalni program, vsaj za zdaj ne omogoča empiričnega preverjanja in je torej, razen iz teoretičnega vidika, neuporabna.

Lakatosovi minimalni kriteriji za izbiro ene teorije pred drugo so točnost, konsistenca, domet, enostavnost in plodovitost. Izmed navedenih kriterijev le točnost predstavlja težavo za teorijo strun, ker temelji na empiričnem preverjanju napovedi. Po drugi strani ima standardni model težave pri dometu, enostavnosti in plodovitosti, ker je omejen na šibko in močno jedrsko ter elektromagnetno silo. Teorija strun je, vsaj teoretično, resnična kvantna teorija gravitacije. A vse dokler ne bomo sposobni zagotoviti uspešnega testiranja in preverjanja napovedi teorije strun, tako dolgo bo ta predstavljala le rivalsko teorijo, temelječo na nedokazanih predpostavkah, kot so majhne enodimenzionalno gibajoče se zanke, večdimenzionalni prostor, obstoj gravitona, scenarij svetovne brane, obstoj črnih lukenj, obstoj večdimenzionalnih bran, obstoj kozmoloških vzmeti ipd. Do zdaj smo dokazali obstoj kvark-gluonske plazme, ki naj bi predstavljal dokaz za obstoj črnih lukenj in posledično s tem delno potrdil teorij strun. Dokler znanstvena skupnost in posamezni znanstveniki ne bodo oblikovali primernih poskusov oz. ne bodo razvili primerne tehnologije in naprav za preverbo teorije strun, je ne moremo sprejeti za resnično.

Lakatos bi najbrž trdil, da se težave teorije strun začnejo že v teoriji in ne v nasprotujočem izkustvu kot pri falzifikacionizmu. Teorija strun je, kot menita Smolin in Woit, v nevarnosti, da postane degenerativen[24] raziskovalni program, ker ne uspe zadostiti pogoju proizvajanja empirične rasti, ampak proizvaja samo teoretične napovedi in izračune. Lakatos dopušča, da lahko določen znanstvenik dela znotraj različnih raziskovalnih programov, v našem primeru znotraj standardnega modela in teorije strun. A četudi je določen program označen za degenerativnega, še to ne pomeni, da se ne bo izkopal iz krize in postal progresiven.[25] Pri teoriji strun se to lahko pripeti takoj, ko bomo oblikovali poskus, ki ga bo možno testirati. Če bodo testiranja v podporo njenim napovedim, potem bomo lahko obstoječi raziskovalni program standardnega modela zamenjali z novim. Če se izidi testiranj ne bodo ujemali z napovedmi teorije strun, lahko pričakujemo postopno opuščanje in priznanje njene napačnosti. Težko pa je oceniti, kdaj je neki program dejansko boljši, če nimamo na voljo teorijsko nevtralnega izkustva, ki bi nam omogočalo primerjavo razlag in napovedi obeh programov. Lakatos je sicer podal le nujne pogoje za to, da se začne racionalna razprava o dveh ali več rivalskih teorijah ali raziskovalnih

[24] Znanstvenoraziskovalni program lahko označimo za degenerativnega, če njegova teoretična rast zaostaja za empirično oz. tako dolgo, dokler nam daje samo post hoc razlage (Ule, 2006).

[25] Znanstvenoraziskovalni program je označen za progresivnega (napredujočega) tako dolgo, dokler njegova teoretična rast predvideva empirično rast, ki uspešno napoveduje nova dejstva (Ule, 2006).

programih, ne pa tudi zahteve, da mora znanstvena skupnost ali posamezen znanstvenik tako tudi ravnati.

Zaključek

Kljub velikemu znanstvenemu napredku, ki smo mu priča v zadnjih 400 letih, in optimističnim iskanjem končne teorije vsega, ne moremo obiti dejstva, da je enotno znanstveno teorijo, ki bi zajela in uspešno razložila vse pojave in dejstva o vesolju, verjetno nemogoče razviti. Znanstveniki stremijo k iskanju enotne teorije vsega, kar bi nam omogočilo popolno razumevanje nastanka vesolja, sveta in njune celotne zgodovine, hkrati pa trdijo, da je znanost področje neprestanega napredka.

Lahko bi rekli, da se teorija strun glede na obravnavane filozofske kriterije giblje med znanostjo in psevdoznanostjo. Zaradi matematičnega aparata in povezave s kvantno mehaniko, velikega števila fizikalnih teoretikov, ki se z njo ukvarjajo, finančne podpore tem raziskavam in njenih teoretičnih napovedi jo lahko uvrščamo med znanstvene teorije. Predvsem s sociološkega vidika jo lahko uvrstimo med legitimne znanstvene teorije in to vsaj tako dolgo, dokler bo znanstvena skupnost namenjala zagovornikom teorije strun visoko finančno podporo, omogočala nadaljnje raziskovanje, spodbujala bodoče teoretike in podiplomske študente k teoretskim raziskavam na tem področju. Glede empiričnih kriterijev (potrditev, zavrnitev) pa ostaja teorija strun zaenkrat le pri posrednih potrditvah (plazma), zato morda velja pritrditi Smolinu, da bi morali resno upoštevati tudi drugačne teoretske pristope, predvsem takšne, ki bodo uspešni pri zagotavljanju neposrednih potrditev.

STRING THEORY AND THE PROBLEM OF DEMARCATION

In this article we approach the classical problem of demarcation in view of contemporary discussions about the string theory. String theory represents the most promising contemporary candidate for a final theory of everything. We have tested this physical theory against four classical philosophical theories (logical positivism, Popper, Kuhn, Lakatos) which deal with the problem of demarcation.

Keywords: demarcation problem, string theory, science, pseudoscience, philosophical criteria.

Literatura

Gilles, D. (1993). *Philosophy of Science in the Twentieth Century*. Oxford: Blackwell.

Goodstein, D. »How science works.« Pridobljeno 18.12.2010, iz http://pactiss.org/resources/booklets-and-handouts/HowScienceworks.pdf.

Greene, B. (2005). *Čudovito vesolje*. Tržič: Učila.

Greene, B. (2006). *Tkanina vesolja*. Tržič: Učila.

Güijosa, A. »What is string theory?« Pridobljeno 29.11.2010, iz http://www.nuclecu.unam.mx/čalberto/physics/string.html.

Godfrey-Smith, P. (2003). *An introduction to the philosophy of science: theory and reality*. Chicago: The University of Chicago Press.

Hansson, S. O. »Science and Pseudo science.« Pridobljeno 10.7.2010, iz http://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/.

Hawking, S. W.(2005). *Na ramenih velikanov: zgodovinski mejniki v fiziki in astronomiji*. Tržič: Učila.

Hume, D. *Enquiry concerning the Human Understanding*. Pridobljeno 21.12.2010, iz http://www.gutenberg.org/catalog/world/readfile?fk_files=1474569.

Kuhn, S. T. (1998). *Struktura znanstvenih revolucij*. Ljubljana: Krtina.

Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mahner M. (2007). »Demarcating Science from Non-science.« V Kuipers T. A. F. (ur.). *General philosophy of Science: Focal issues*. Amsterdam: North-Holland, str. 515–575.

Mitton, S. (2007). »Brookhaven strikes gold with quark-gluon Liquid.« Pridobljeno 10. 12. 2010, iz http://archive.sciencewatch.com/march-april2007/sw_march-april2007_page6.htm.

Newall, P. (2005). »Falsificationism.« Pridobljeno 2.10.2010, iz http://www.galilean-library.org/site/index.php?/page/index.html/_/essays/philosophyofscience/falsificationism-r52.

Newton-Smith, W. H. (2003). *The Rationality of Science*. New York: Taylor & Francis.

Popper, K.R. (1998). *Logika znanstvenega odkritja*. Ljubljana: Studia Humanitatis.

Smolin, L. (2006). *The Trouble with Physics*. New York: Houghton Mifflin company.

Tavzes, M.(2002). *Veliki slovar tujk*. Ljubljana: Cankarjeva založba.

Thorton, S. (1997). »Karl Popper.« Pridobljeno 9.10.2010, iz http://plato.stanford.edu/entries/popper/.

Ule, A. (2006). *Znanost, družba, vrednote*. Maribor: Založba Aristej.