

Filozofia w strunach

Wojciech P. Grygiel

Wydział Filozoficzny UPJPiI, Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Streszczenie: Teoria strun jest współcześnie traktowana jako jedna z możliwości skonstruowania spójnego formalizmu matematycznego, unifikującego fizykę cząstek i oddziaływań. Teoria ta spotyka się jednak z rosnącą falą krytyki, głównie ze względu na brak swojego eksperymentalnego potwierdzenia. Analiza tej rzekomej porażki wymaga zatem nie tylko ponownego rozważenia fizycznych podstaw teorii, ale również zbadania jej filozoficznych, to jest metodologicznych, ontologicznych oraz epistemologicznych założeń. Niniejsze skrótkowe studium podejmuje kwestię przesłedzenia natury unifikacyjnych mechanizmów, jakim teoria strun podlega zwłaszcza w porównaniu ze sprawdzonym schematem unifikacyjnym ogólnej teorii względności. Okazuje się bowiem, iż w teorii strun odchodzi się od ścisłej relacji pomiędzy jej formalizmem a fizyczną ideą, wokół której unifikacja miałyby się skupiać. O ile pomysł zastąpienia cząstek punktowych jednowymiarowymi strunami mógłby na miano takiej idei zasługiwać, czysto matematyczne kryteria takie jak renormalizowalność w dużej mierze wyznaczają kierunek rozwoju strun. Teoretycy strun wydają się jednak być świadomymi braku niezależności teorii strun od geometrii czasoprzestrzeni oraz konieczności skompaktyfikowania jej dodatkowych wymiarów, co ma szansę nastąpić w przyszłej teorii M.

Philosophy in strings

Abstract: The string theory is presently considered as a candidate for a viable theoretical framework towards a unified physical description of particles and forces. It has been recently a subject of growing criticism, however, mainly due to the lack of the theory's empirical verification. The analysis of this apparent failure demands not only to reconsider its physical foundations but to take into account factors of philosophical, that is, methodological, ontological and epistemological nature as well. This short study aims at the survey of the precise nature of the unification mechanisms that are operative within the string theory in comparison with such a successful paradigm as that of the general theory of relativity. It turns out that the unification pattern of the string theory no longer maintains the strict relation between the formalism and a physical idea that is the focal point of unification. Although the very idea of a one dimensional string rather than a point-like particle may be attractive in this regard, purely mathematical criteria such as that of *renormalizability* influence the development of the string theory to a substantial degree. String theorists seem to be aware of the lack of the theory's background independence as well as the need to compactify extra space-time dimensions that are hoped to be alleviated in the future M-theory.

Filozofów dość powszechnie przeciwstawia się naukowcom. O ile tym pierwszym przypisuje się fascynację rozważaniami o metafizycznych rzeczywistościach, niedostępnych poznaniu empirycznemu, o tyle grono naukowców uważane jest za ostoję *racjonalności* i *realizmu*, pozwalającego na konsekwentne badanie przyrody metodami, spełniającymi ścisłe standardy matematycznej precyzji. W diagnozie takiej tkwi jednak istotna niesprawiedliwość, która krzywdzi tak filozofów jak i naukowców. Wystarczy chociażby przejrzeć bogate karty historii filo-

zofii, aby przekonać się, iż, zanim pojawili się naukowcy we współczesnym tego słowa znaczeniu, musieli zaistnieć filozofowie. Myślowy dorobek filozofów stał się bowiem zaczynem niebywałego intelektualnego wysiłku, na bazie którego stopniowe wyostrzanie się pojęć wykształciło naukową metodę, odnoszącą współcześnie niekwestionowane sukcesy.

Teorię strun, która będzie przedmiotem niniejszej refleksji filozoficznej, można pochoinnie skojarzyć z pitagorejskimi inspiracjami muzyką, którą rozbrzmiewać miał

również harmonijnie skonstruowany Wszechświat¹. Tymczasem filozoficzne implikacje sięgają w tym przypadku znacznie głębiej, pozostawiając daleko w tyle świat metafor na rzecz fundamentalnych analiz o charakterze ontologicznym oraz metodologicznym. Zanim jednak poświęcimy im więcej uwagi, należy jasno podkreślić, iż powstała na przełomie lat 60-tych i 70-tych ubiegłego stulecia teoria strun jest tak, jak i wiele innych teorii fizycznych, istotnym przejawem przekonania całych pokoleń badaczy, iż Wszechświat sam w sobie stanowi fundamentalną spójną całość. Podejmowane próby konstruowania tak zwanej *teorii wszystkiego*, czyli teorii unifikującej wszystkie prawa przyrody w jeden formalizm, dają głęboki wyraz wiary w istnienie zunifikowanego opisu Wszechświata, stanowiąc z tego powodu zagadnienie doniosłe z filozoficznego punktu widzenia². Choć siła tej wiary niewątpliwie towarzyszy fizyce do dnia dzisiejszego, czyniąc *kwantową grawitację* kolejnym unifikacyjnym wyzwaniem, wskazać można wiele szczegółowych przykładów oddziaływania pomiędzy tradycyjnymi zagadnieniami filozoficznymi takimi, jak *czas*, *przestrzeń* czy też *przyczynowość*, a kierunkiem rozwoju teorii naukowych. Z jednej strony bowiem filozoficzne punkty widzenia mogą w istotny sposób określać „warunki początkowe” teorii, narzucając formalizmowi pewne zastane już wyobrażenia (np. ciągłość czasu w fizyce klasycznej). Z drugiej jednak, doskonalenie się i uogólnianie teorii fizycznych może rzucać nowe światło na zagadnienia tradycyjne (np. wprowadzenie pojęcia *czasoprzestrzeni*). Ostatecznie także, analiza genezy i struktury teorii fizycznych pozwala głębiej wnikać w specyfikę samej metody naukowej i generowanych przez nią problemów natury teoriopoznawczej.

Teoria strun jest w tym zakresie o tyle interesującym przypadkiem, iż z racji wielu kontrowersji, jakie formułowane są pod adresem jej naukowej wartości, niemal koniecznym wydaje się przebadanie tkwiących u jej podstaw filozoficznych przesłanek, które mogłyby lepiej naświetlić jej konceptualne zawichości. Aby temu zadaniu sprostać, trzeba w pierwszym rzędzie zastanowić się nad *naturą* unifikacyjnych mechanizmów, jakie w teorii strun dominują. Początki unifikacji w fizyce sięgają czasów Galileusza (unifikacja ruchu i spoczynku) oraz Izaaka Newtona, który, wykazując uniwersalność prawa oddziaływania grawitacyjnego dla fizyki „nieba i ziemi”, istotnie przyczynił się do ugruntowania stosowalności jednolitych praw fizyki dla całego Wszechświata. W kolejnych milowych krokach

unifikacyjnych, jakie stanowiły *teoria elektromagnetyzmu Maxwella* oraz *szczególna i ogólna teoria względności* Einsteina, zarysował się swoisty paradygmat unifikacji, uważany również obecnie przez fizyków proveniencji relatywistycznej (np. Roger Penrose) za jej obowiązujący ideał³. Jego szczególny charakter wynika ze ścisłego związku, jaki w unifikacyjnym procesie zachodzi pomiędzy formalizmem matematycznym, a fizyczną ideą, którą formalizm ten ma reprezentować. O ile również w przypadku ogólnej teorii względności Einsteina w grę wchodziły czynniki natury estetycznej, to jednak w swoim ostatecznym kształcie teoria ta posiada swoją jednoznaczną *treść fizyczną*. Innymi słowy, można wskazać jednoznaczną relację, jaka zachodzi pomiędzy formalizmem matematycznym teorii, czterowymiarową różniczkową z metryką Lorentza, a obiektem świata fizycznego, jakim jest zmienna *geometria czasoprzestrzeni*. Teoria fizyczna jest więc wtedy zinterpretowanym formalizmem matematycznym⁴. Sytuacja może się jednak dość znacznie skomplikować, gdy formalizmowi teorii nie można jednoznacznie przypisać treści fizycznej, a czego sztandarowym przykładem jest *mechanika kwantowa*.

Nie ulega wątpliwości, iż abstrakcyjny formalizm przestrzeni Hilberta doskonale sprawdza się jako narzędzie przewidywania prawdopodobieństw wyników pomiarów, choć po dziś dzień nie istnieje jego spójna interpretacja fizyczna⁵. Dodatkowo także, powstanie i ukształtowanie się mechaniki kwantowej w latach 20-tych ubiegłego stulecia zbiegło się w czasie z dominacją *neopozytywistycznej* filozofii Koła Wiedeńskiego, w świetle której za bezsensowne uważano zdania traktujące o obiektach, nieweryfikowalnych empirycznie, natomiast formalizm matematyczny traktowano jedynie jako narzędzie służące organizacji danych pomiarowych. Takie pojmowanie roli formalizmu spowodowało, iż za kryteria poprawności teorii zaczęto przede wszystkim uważać jego matematyczną spójność oraz „elegancję”⁶. Strategia ta ujawniła się w kolejnym, potężnym unifikacyjnym kroku fizyki, jakim jest powstały na bazie kwantowej teorii pola *standardowy model cząstek elementarnych*. I choć do dziś jest on podziwiany ze względu na swój predyktywny potencjał, swój sens fizyczny zawdzięcza matematycznej procedurze *renormalizacji*, która usuwa nieskończoności powstałe w wyniku niekompatybilności struktury przestrzeni Hilberta z pseudoeuklidesową czasoprzestrzenią szczególnej teorii względności. *Renormalizowalność* teorii fizycz-

¹Z systematycznym wykładem teorii strun można zapoznać się np. w: B. Zwiebach, *A First Course in String Theory*, Cambridge University Press, 2004.

²Zob. np. M. Heller, *Teorie wszystkiego*, w: *Filozofia i wszechświat*, Universitas: Kraków 2006, ss. 237–255.

³L. Sokołowski, *Alberta Einsteina filozofia fizyki*, w: M. Heller, A. Michalik, J. Życiński (red.), *Filozofować w kontekście nauki*, Polskie Towarzystwo Teologiczne: Kraków 1987, ss. 187–201.

⁴M. Heller, *Filozofia nauki. Wprowadzenie*, Kraków: Petrus 2009, ss. 46–49.

⁵W.P. Grygiel, *Interpreting Quantum Mechanics: Why An Interpretation?* w: S. Wszołek, R. Janusz (red.), *Wyzwania racjonalności: Księdzu Michałowi Hellerowi współpracownicy i uczniowie*, Kraków: Wydawnictwo WAM 2006, ss. 113–131.

⁶Na kryteria matematycznej elegancji i prostoty powołuje się wielu fizyków, upatrując w nich drogowskazów ku prawdziwości badanych przez nich teorii. Są to jednak kryteria w znacznej mierze subiektywne i w żaden sposób nie sformalizowane.

nej staje się więc wiodącym kryterium sensowności teorii z fizycznego punktu widzenia.

Bardziej uważna analiza historii teorii strun pokazuje, iż jej powstanie oraz rozwój podporządkowane są modelowi unifikacji, jaki dominował we wspomnianym powyżej modelu standardowym. O ile zastąpienie punktowych cząstek elementarnych jednowymiarowymi drgającymi strunami może rokować nadzieję na nową ideę unifikacyjną, której pojęciowa „pojemność” pozwoli na sformułowanie zunifikowanej teorii kwantowej grawitacji, to sam fakt wprowadzenia idei strun wiąże się z próbą rozwikłania matematycznych komplikacji w formalizmie macierzy rozpraszania S (ang. *S-matrix*) dla oddziaływań silnych⁷. Dalsze etapy rozwoju teorii strun ujawniają, iż prowadzi ona do dość odważnych założeń natury ontologicznej, takich choćby jak wprowadzenie *10-cio wymiarowej czasoprzestrzeni* czy też warunku *supersymetrii*. Stąd też pochodzi stosowane częściej współcześnie określenie: *teoria superstrun*. Co więcej, uzasadnienie tych poczynań płynie z konieczności eliminacji tzw. *anomalii cechowania*, które skutkują *nierenormalizowalnością* teorii a więc brakiem jej fizycznego sensu. W takim też duchu odbyły się dwie słynne rewolucje w teorii superstrun, kolejno w roku 1984 (Schwarz i Greene) i 1995 (E. Witten). W ich efekcie przekonano się, iż istnieje pięć matematycznie spójnych teorii, powiązanych relacjami *dualności*. Choć fakt ten ewidentnie wskazywał, iż teoria superstrun sama w sobie wymaga unifikacji, to jednak pozwala on mieć nadzieję na jej urzeczywistnienie się w postaci nowej, nieznannej jeszcze *teorii M*, w której dodatkowo jednowymiarowe struny zastąpiono dwu- i więcej wymiarowymi membranami.

Niestety, w swojej obecnej postaci teoria superstrun nie doczekała się jeszcze żadnej empirycznej weryfikacji, co często poczytuje się jako świadectwo jej klęski i wręcz konieczności przeznaczenia na „cementarysko” teorii, które się nie sprawdziły⁸. Dla innych z kolei stanowi to wręcz nieskrywany przedmiot osobistej frustracji⁹. Zanim się jednak taki ostateczny werdykt wyda, warto pamiętać, iż dzięki pracom w obszarze teorii superstrun dokonał się znaczny postęp w obszarze samej matematyki (np. *teoria Chern–Simonsa*, za pracę nad którą medal Fieldsa otrzymał Edward Witten)¹⁰. Nie można też jednoznacznie skonstatować, iż poprzez odwołanie się jedynie do kryteriów natury formalnej oraz estetycznej unifika-

cyjna ścieżka teorii strun straciła całkowicie wzgląd na reprezentowaną przez siebie treść fizyczną. Do istotnych mankamentów teorii superstrun w tym zakresie należy niewątpliwie uzależnienie jej od geometrii czasoprzestrzeni (ang. *background dependence*) wskutek czego nie jest ona spójna z postulatami ogólnej teorii względności. Wielu fizyków, rozwijających nadal teorię strun, uważa, iż przyszła *teoria M*, o której była mowa powyżej, skoryguje ten problem, dając w efekcie formalizm, który nie zakłada zdefiniowanej geometrii czasoprzestrzeni (ang. *background independence*). Ponadto, celem uspołnienienia teorii strun z fizycznie obserwowalną czterowymiarową czasoprzestrzenią, podjęte zostały zaawansowane wysiłki, zmierzające do *skompaktfikowania* dodatkowych sześciu wymiarów teorii superstrun przy użyciu *przestrzeni Calabiego–Yau*, odznaczających się znaczną matematyczną elegancją. Nie doprowadziło to jednak do oczekiwanego zunifikowania się formalizmu teorii.

Czy zatem w świetle powyższej refleksji teoria strun zasługuje na miano teorii świata fizycznego, czy jest raczej umiejętną żonglerką kryteriów natury formalnej oraz estetycznej? Wielu fizyków proveniencji relatywistycznej, uznających paradygmat einsteinowskiej unifikacji za nienaruszalny, bez wahania wyda tego typu wyrok. Abstrahując jednak od walorów natury czysto fizycznej, warto w konkluzji jeszcze raz uzmysłowić sobie filozoficzną wagę poruszanych na kanwie historii teorii superstrun zagadnień, które w pierwszym rzędzie dotyczą samej metody fizyki i oceny czynników, wyznaczających prawidłowe kierunki unifikacyjne. Czy możemy zupełnie śmiało zaufać, że swobodne badanie struktur matematycznych mimo wszystko mówi nam coś o przyrodzie bez potrzeby konsultowania jej samej w eksperymencie? Czy nie jest to rozstanie się z fizyką na rzecz fantazji? Z pewnością nie byłoby tak, gdyby dało się udowodnić, iż istnieje dokładnie jedna, spójna zunifikowana *teoria wszystkiego*. Temu zaś barierę zdaje się stawiać sama matematyka w postaci słynnych twierdzeń limitacyjnych. Co więcej, nie mamy żadnej gwarancji, iż zunifikowana teoria kwantowej grawitacji, której z taką niecierpliwością fizyczne *milieu* poszukuje, nie wskaże konieczności poczynienia dalszych uogólnień. Wydaje się więc, że całkowite odmawianie teorii superstrun wkładu w pogłębienie zrozumienia rzeczywistości jest nie do końca uzasadnione, dopóty jednak, dopóki nie przerozdział się w niebezpieczną metafizykę wieloświata¹¹.

⁷P. Woit, *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search For Unity in Physical Law*, New York: Basic Books 2006.

⁸L. Sokołowski, *Czego możemy nauczyć się na przykładzie teorii strun*, w: M. Heller et. al. (red.), *Prawa przyrody*, OBI, PAU, UJ, Biblos: Kraków–Tarnów 2008, ss. 21–42.

⁹L. Smolin, *Kłopoty z fizyką: powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej*, tłum. Jerzy Kowalski-Glikman, Warszawa: Prószyński i S-ka: 2008

¹⁰Zob. np. P. Deligne et. al., *Quantum Fields and Strings: A Course for Mathematicians*, American Mathematical Society 1999.

¹¹L. Susskind, *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*, Little, Brown and Company 2005.