

Wojciech P. Grygiel

Teoria superstrun i Lee Smolina kłopoty z fizyką

Niepokój fizyków, związany z perspektywą ewentualnej zmiany naukowego paradygmatu, przybiera dziś pokaźne rozmiary. Na pisarskim rynku pojawiają się bowiem pozycje autorstwa utytułowanych postaci, łączące w sobie element osobistego niepokoju z uzasadnioną troską o to, by nikt gmachu nauki nie zepchnął na grząski grunt. Można się o tym przekonać biorąc choćby do ręki książkę autorstwa znanego amerykańskiego fizyka, Lee Smolina, zatytułowaną *Trouble with Physics: The Rise of String Theory, The Fall of Science and What Comes Next*¹ czy też Petera Woita *Not Even Wrong (Nawet nie fałszywa)*.²

Problem podejmowany przez Smolina dotyczy zasadniczych problemów współczesnej fizyki. Koncentrują się one wokół zagadnienia unifikacji i poszukiwania „świętego Graala fizyki”, czyli fundamentalnej teorii, która w oparciu o przyjęty zbiór aksjomatów pozwoli na wyprowadzenie równań, unifikujących wszystkie dotychczas rozłączne aspekty przyrody (unifikacja oddziaływań oraz unifikacja ogólnej teorii względności z teorią kwantów, zwana *teorią kwantowej grawitacji*). Wysiłki te posiadają dodatkowo swoją filozoficzną doniosłość wynikającą z głębokiego przekonania wielu czołowych fizyków teoretyków (np. Alberta Einsteina) o jedności świata przyrody na poziomie fundamentalnym. Były one także źródłem nader optymistycznych deklaracji, sformułowanych przykładowo przez Stephena Hawkinga w jego inauguracyjnym wykładzie po objęciu stanowiska Lucasian Professor w *De-*

¹ L. Smolin, *The Trouble with Physics, The Rise of String Theory, the Fall of Science and What Comes Next*, London 2008, Penguin Books. Polskie wydanie: L. Smolin, *Kłopoty z fizyką: powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej*, przeł. Jerzy Kowalski-Glikman, Warszawa 2008, Prószyński i S-ka.

² P. Woit, *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search For Unity in Physical Law*, New York 2006, Basic Books.

partment of Applied Mathematics and Theoretical Physics na Uniwersytecie w Cambridge.³ Tymczasem po roku 1973, kiedy ostatecznego kształtu nabrał doskonale potwierdzony eksperymentalnie *standardowy model cząstek elementarnych*, fizycy teoretycy stanęli przed do dziś nieprzełamaną barierą na drodze do kolejnego unifikacyjnego kroku. W całej plejadzie mniej lub bardziej obiecujących propozycji, na początku lat osiemdziesiątych wyłoniła się szczególna idea, wprowadzająca daleko idącą zmianę ontologii na poziomie elementarnym. Postulowała ona bowiem zastąpienie standardowego wyobrażenia cząstek elementarnych jako punktów masowych *jednowymiarowymi strunami*. Historia powstałej w ten sposób teorii strun pokazuje obecnie, iż atrakcyjna początkowo idea struny najprawdopodobniej nie niesie w sobie ładunku pojęciowego, wystarczającego do zintegrowania strukturalnie rozbieżnych teorii, opisujących fizykę mikro- i makroświata. Zaangażowanie olbrzymich środków finansowych oraz naukowych autorytetów w prace nad teorią strun w obliczu braku jej empirycznej weryfikowalności skutkuje nie tylko dość znaczną frustracją badaczy (czego dobitnym przykładem jest sam Smolin), ale także nawrotem swoistej metafizyki, próbującej matematyczną niespójność teorii strun (a dokładnie jej pejzaż, ang. *landscape*) zintegrować za pomocą apriorycznie narzuconej metafizycznej zasady, jaką jest promowana przez Leonarda Susskinda idea *wieloświata*.⁴ Bezpośrednim merytorycznym celem analiz Smolina jest diagnoza unifikacyjnych mechanizmów teorii strun wraz z propozycją rozwiązania narosłych trudności, zaczerpniętą z analogii do mechanizmu *naturalnej selekcji*, powszechnie wykorzystywanego w biologii ewolucyjnej.⁵ Natomiast podstawowym mankamentem, niwelującym unifikacyjny potencjał teorii strun jest, zdaniem Smolina, nieuwzględnienie przez formalizm tej teorii zmienności geometrii czasoprzestrzeni, wynikającej z ogólnej teorii względności Einsteina (ang. *background dependence*).

W niniejszym opracowaniu pominięta zostanie pozamerytoryczna (socjologiczna) warstwa pracy Lee Smolina, choć czyniony przez niego podział fizyków na „wizjonerów i ciułaczy” można uznać za oryginalny. Z merytorycznego punktu widzenia znacznie ważniejsza jest jednak kwestia rozumienia przez Smolina samego procesu unifikacji fizyki oraz jego filozoficznego podłoża. Z przeprowadzonych analiz wynika bowiem, iż Smolin pomija i upraszcza bardzo istotny aspekt unifikacyjny, jakim jest wzajemna relacja pomiędzy wykorzystywanym przez teorię strun aparatem matematycznym a konkretną sytuacją fizyczną, jaką ten aparat ma modelować. Wraz z powstaniem mechaniki kwantowej wkrada się bowiem do fizyki pozytywistyczna tendencja do traktowania matematycznej struktury teorii jedynie jako narzędzia do przewidywania wyników pomiarów bez odniesienia jej do struktury

³ S. Hawking, *Czy widać już kres fizyki teoretycznej?*, [w:] *Czarne dziury i wszechświaty nie-mowlące oraz inne eseje*, przeł. P. Haski, Poznań 1997, Zysk i S-ka, s. 44-59.

⁴ L. Susskind, *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*, New York 2005, Little, Brown and Company; R. Bousso, J. Polchinski, *Krajobraz teorii strun*, „Świat nauki”, październik 2004, s. 59-67.

⁵ Zob. L. Smolin, *Życie Wszechświata*, Warszawa 1998, Amber.

opisywanej rzeczywistości fizycznej. Powstaje więc istotny problem rozstrzygnięcia co (i czy cokolwiek) stanowi fizyczną treść teorii i czy w takich warunkach unifikacja może rzeczywiście dalej przebiegać. Odwołanie się do rozważań, jakie w tej materii prezentują czołowe postacie świata fizyki, takie jak choćby Roger Penrose, pozwolą wykazać, iż o ile sceptycyzm Smolina w stosunku do teorii strun jest w pełni uzasadniony, o tyle brak filozoficznej podbudowy prezentowanej historii unifikacji zdecydowanie osłabia precyzję wyciąganych wniosków. Dodatkowo także, sugerowane przez Smolina przywrócenie utraconej w wyniku wprowadzenia koncepcji wieloświata przewidywalności teorii strun w oparciu o mechanizm naturalnej selekcji nie gwarantuje zamierzonego rezultatu.

MEANDRY UNIFIKACJI

Pierwszym zagadnieniem, jakie Lee Smolin podejmuje w celu zbudowania odpowiedniej areny do dyskusji o teorii strun oraz kondycji współczesnej nauki w ogólności, jest kwestia *unifikacji* w fizyce. W tym względzie określa on siebie mianem *realisty*, ponieważ, wzorem Alberta Einsteina, traktuje on teorie fizyczne (a przynajmniej przejawia taki zamiar) jako opis obiektywnie istniejącej rzeczywistości, a nie jedynie zbiory sformalizowanych procedur, umożliwiających przewidywanie wyników pomiarów. Każda „utrafiona” unifikacja spełnia, zdaniem Smolina, następujące kryteria: (1) nowa idea, którą dana unifikacja wykorzystuje, zaskakuje swoją oryginalnością, (2) unifikacja prowadzi do nowatorskich ujęć i hipotez oraz pogłębia rozumienie i (3) zunifikowana teoria pozwala skutecznie przewidywać nowe zjawiska, które w niedługim czasie znajdują swoje eksperymentalne potwierdzenie. Smolin pisze:

Jedna propozycja unifikacji może ostatecznie wyjaśnić dużo więcej niż inne i jest z reguły najprostsza. W momencie kiedy pewna propozycja jest znacznie lepsza od innych w kwestii generowania nowych koncepcji, zgodności z eksperymentem, siły wyjaśniającej i prostoty, wówczas wydaje się ona jedyną możliwą. Mówimy, że posiada pierścień prawdy.⁶

Zaprezentowana przez Smolina historia unifikacji fizyki od momentu unifikacji *ruchu* i *spoczynku* w teorii względności Galileusza do sfinalizowania prac nad standardowym modelem cząstek elementarnych w latach siedemdziesiątych XX wieku sprawia wrażenie, iż proces ten jednolicie scalał w sobie coraz to szersze aspekty rzeczywistości, prowadząc ostatecznie do zunifikowanego opisu oddziaływań elektromagnetycznych i jądrowych słabych (teoria Weinberga-Salama) oraz elektromagnetycznych i jądrowych silnych (chromodynamika kwantowa) w oparciu o fundamentalne reguły *symetrii*.⁷ Są to *symetria cechowania* oraz *spontaniczne łamanie symetrii*.

⁶ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 48. Przytoczone tłumaczenie zostało skorygowane przez autora niniejszej pracy.

⁷ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 74.

Pierwszym przejawem braku filozoficznej wrażliwości ze strony Smolina jest dość bezdyskusyjne potraktowanie *kwantowej teorii pola*, która stanowi integralny składnik dwóch powyżej wymienionych teorii. Warto bowiem pamiętać, iż unifikacja osiągnięta w ramach szczególnej i ogólnej teorii względności następuje w wyniku dopasowania spójnej struktury matematycznej do fizycznego modelu, jakim jest geometria czasoprzestrzeni. Innymi słowy, teorie te posiadają precyzyjnie określoną *treść fizyczną*. Tymczasem Smolin zdaje się zupełnie nie zwracać uwagi na fakt, iż powstanie *mechaniki kwantowej* w latach dwudziestych XX wieku wprowadziło już istotną zmianę w rozumieniu relacji, jaka panuje pomiędzy formalizmem tej teorii a strukturą fizycznej rzeczywistości, którą teoria ta ma opisywać. Brak możliwości bezpośredniego odniesienia formalizmu mechaniki kwantowej (*przestrzeni Hilberta*) do tej rzeczywistości poskutkowało, inspirowanym filozofią neopozytywizmu, pragmatycznym traktowaniem aparatu matematycznego jedynie jako narzędzia do przewidywania wyników pomiarów, bez stawiania pytań o *treść fizyczną* teorii.⁸ Stąd też niewątpliwie bierze się interpretacyjna niejednorodność mechaniki kwantowej, która istnieje do dziś.⁹ Leszek Sokołowski komentuje tę sytuację w następujący sposób:

Teoria fizyczna, taka jak mechanika kwantowa, może doskonale prosperować, tj. znakomicie opisywać świat fizyczny, mimo że nie w pełni ją rozumiemy. Tymczasem akceptujemy dominację formalizmu teorii, czyli jej matematycznej struktury oraz techniki operowania jej pojęciami i wykonywania rachunków nad jej treścią fizyczną. To jest fundamentalna lekcja wyniesiona z mechaniki kwantowej. Fizykowi wystarcza formalizm teorii, a reszta to zbytek, na który go stać albo nie. Wymaganie Einsteina, aby dobra teoria fizyczna odsłaniała swoją pełną treść fizyczną, jest przesadne, zbyt techniczne, a nawet szkodliwe.¹⁰

To niewątpliwie radykalne przesunięcie w rozumieniu funkcji struktur matematycznych w fizyce znajduje swoje odzwierciedlenie w unifikacji mechaniki kwantowej ze szczególną teorią względności, która prowadzi do powstania *kwantowej teorii pola*.¹¹

⁸ W tym momencie należy jednak pamiętać, iż bezpośrednim powodem postrzegania mechaniki kwantowej w perspektywie pozytywistycznej jest fakt, iż pomiar dokonywany na układzie kwantowym powoduje jego zaburzenie, uniemożliwiając jednocześnie opis stanu układu pomiędzy pomiarami. Mierzone wartości wielkości fizycznych są odpowiedziami układu na akt pomiaru. Twórcy mechaniki kwantowej, Niels Bohr i Werner Heisenberg, nigdy nie wykluczali istnienia i rozumienia treści fizycznej mechaniki kwantowej, akcentowali jedynie nieadekwatność języka fizyki klasycznej w opisie zjawisk kwantowych, która w sformalizowanej wersji przybiera postać zasady nieoznaczoności. Zob. np. W. Heisenberg, *Pozytywizm, metafizyka i religia (1952)* [w:] tenże, *Część i całość*, Warszawa 1987, Państwowy Instytut Wydawniczy, s. 263.

⁹ Zob. np. W. P. Grygiel, *Interpreting Quantum Mechanics: Why An Interpretation?*, [w:] S. Wszolek, R. Janusz (red.), *Wyzwania racjonalności: Księdzu Michałowi Hellerowi współpracownicy i uczniowie*, Kraków 2006, Wydawnictwo WAM, s. 113-131.

¹⁰ L. Sokołowski, *Czego możemy się nauczyć na przykładzie teorii strun?*, [w:] M. Heller et al., *Prawa przyrody*, Kraków — Tarnów 2008, OBI, PAU, UJ, BIBLOS, s. 21-42.

¹¹ Z systematycznym wykładem kwantowej teorii pola, z której rezultatów korzysta się w niniejszym artykule, można zapoznać się np. w M. E. Peskin, D. V. Schroeder, *Introduction to Quantum Field Theory*, New York — Tokyo 1995, Addison — Wesley.

Połączenie kwantowego formalizmu przestrzeni Hilberta z czasoprzestrzenią o metryce pseudoeuklidesowej nie poskutkowało płynnym uzgodnieniem obydwu struktur, ale wygenerowało szereg poważnych problemów natury matematycznej. Tylko na pierwszym etapie prac, zwieńczonych słynnym równaniem Diraca, matematyczna elegancja algebr Clifforda zaowocowała unifikacją na miarę teorii względności Einsteina, pozwalając uwzględnić spin elektronu oraz przewidzieć istnienie antycząstek. Dalsze etapy, uwzględniające oddziaływania między elektronami a polem elektromagnetycznym (elektrodynamika kwantowa), ujawniły brak możliwości dokładnych rozwiązań i konieczność stosowania rachunku perturbacyjnego. Co więcej, w rozwinięciach perturbacyjnych wyższego rzędu pojawiają się nieskończoności, które niweluje się za pomocą matematycznego zabiegu, zwanego *renormalizacją*. Roger Penrose komentuje to w następujący sposób: „Ściśle biorąc, kwantowa teoria pola (przynajmniej w najbardziej istotnych i nietrywialnych przypadkach tej teorii, jakie znamy) jest *matematycznie niespójna* i konieczne są zabiegi, zapewniające sensowność obliczeń. Jest to zatem bardzo delikatna materia, aby prawidłowo osądzić, czy zabiegi te są jedynie procedurami sztukującymi, umożliwiającymi przeciskanie się do przodu w matematycznych procedurach, które mogą szwankować na poziomie fundamentalnym, czy też ukazują one głębokie prawdy o podstawowym znaczeniu dla funkcjonowania przyrody”.¹² Jak słusznie z kolei zauważa Sokołowski, „Einsteinowski ideał teorii fundamentalnej pozostał ideałem, lecz sukces modelu standardowego utwierdził ogół fizyków w przekonaniu, że w praktyce musimy od tego ideału odchodzić coraz dalej. Najważniejszy jest formalizm teorii, w tym reguły obliczeniowe”.¹³ W powszechnej opinii fizyków renormalizowalność danej teorii kwalifikuje ją jako sensowną z fizycznego punktu widzenia. Ten dość złożony aspekt losów unifikacji fizyki po wkroczeniu na arenę mechaniki kwantowej wydaje się przez Smolina zupełnie niezauważony. Potęguje on niewątpliwie jego frustrację po przejściu na teren teorii strun, w ramach której ze znacznym wzmożeniem kontynuowane są wszystkie unifikacyjne bolączki modelu standardowego.

STRUNY W NATARCIU

W analizie teorii strun, przedstawionej przez Smolina, nietrudno zauważyć ten sam brak wrażliwości na wspomniane powyżej przesunięcie w relacji pomiędzy matematycznym formalizmem teorii a jej treścią, który obserwowany był już w przypadku modelu standardowego cząstek. Powszechnie wiadomo, iż początki *teorii strun* łączą się z teoretycznymi pracami nad oddziaływaniami silnymi pomiędzy kwarkami, prowadzonymi na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia (G. Veneziano). Początki te jednak, jak zauważa w swoim opra-

¹² R. Penrose, *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*, New York 2005, Alfred Knopf, s. 610.

¹³ L. Sokołowski, *Czego możemy...*, s. 25.

cowaniu Peter Woit, pozostają w ścisłym związku z wykorzystaniem w kwantowej teorii pola *macierzy rozpraszania* S . Macierz ta stanowi matematyczne narzędzie, umożliwiające przewidywanie historii cząstek w wyniku ich zderzeń, natomiast nie daje wglądu towarzyszące temu oddziaływania oraz ich specyfikę.¹⁴ Innymi słowy, macierz S nie odwołuje się do treści fizycznej, umożliwia jedynie opis oraz przewidywanie wyników eksperymentów na cząstkach. Co więcej, jedną z motywacji porzucenia klasycznego obrazu cząstek w postaci punktów materialnych na rzecz *jednowymiarowych strun* była łatwość w interpretowaniu równań, wyprowadzonych przez Veneziano z zastosowaniem macierzy S . W tym tkwią, jak stwierdza wyraźnie Woit, *pozytywistyczne* korzenie teorii strun. Taka perspektywa pozwala dużo lepiej zrozumieć, dlaczego, zdaniem Sokołowskiego, początki teorii strun mają miejsce „w atmosferze poszukiwań teorii unifikującej, co do której pogodzone się z myślą, iż będzie zmatematyzowana, abstrakcyjna i będzie dawać jedynie formalne reguły wyliczania wielkości mierzalnych eksperymentalnie, bez głębokiego zrozumienia treści fizycznej”.¹⁵ Smolin natomiast zauważa ten problem jedynie jako konsekwencję pewnej własności oddziaływań kwarków, które można, dla odpowiednio dużych odległości pomiędzy nimi, opisywać za pomocą strun. Nie dostrzega natomiast, iż źródło tego problemu nie tkwi w, jak to określa, „braku odpowiedniej idei u teoretyków strun”¹⁶, ale w pozytywistycznym traktowaniu formalizmu matematycznego jako narzędzia przewidującego wyniki pomiarów, bez odniesienia go do konkretnej treści fizycznej.

Z uwagi na fakt, iż wyczerpujące omówienie wszystkich zawłości teoretycznych daleko wykracza poza możliwości niniejszego opracowania, ograniczymy się do następujących aspektów, obrazujących najlepiej stosowane przez Smolina uproszczenia: *wielowymiarowość czasoprzestrzeni*, *supersymetria* oraz *pierwsza i druga rewolucja* w teorii strun.

Praktycznie każdy krok w rozwoju teorii strun podyktowany jest wysiłkami, zmierzającymi do likwidacji tzw. *anomalii cechowania*¹⁷, które skutkują *nierenormalizowalnością* teorii. Problem ten ujawnił się bowiem już podczas wstępnych prób jej uzgodnienia z mechaniką kwantową. Aby uniknąć anomalii cechowania, uzgodnienie to wymagało zastosowania m.in. 26-wymiarowej czasoprzestrzeni oraz wprowadzenia cząstki, zwanej *tachyonem*, poruszającej się z prędkością przekraczającą prędkość światła. Założeniom tym trudno jednak przypisać sens fizyczny: w przyrodzie nie obserwuje się tak wielu wymiarów, a cząstka szybsza od światła gwałciłaby zasadę przyczynowości. Swoista niefrasobliwość Smolina w ocenie źródeł tego typu rezultatów wyraża się na tym miejscu w jego retorycznym stwierdzeniu: „Dlaczego

¹⁴ P. Woit, *Not even wrong*, s. 139-145.

¹⁵ L. Sokołowski, *Czego możemy...*, s. 30.

¹⁶ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 118.

¹⁷ Zwięzłe omówienie problemu anomalii cechowania można znaleźć w: P. Woit, *Not even wrong*, s. 120-124.

teoria ta nie została wówczas porzucona, pozostaje jedną z największych tajemnic nauki”.¹⁸ Istotnie, powinna być porzucona, ale w einsteinowskim, a nie pozytywistycznym paradygmacie unifikacji.

Aby spojrzeć na zagadnienie supersymetrii oraz wielowymiarowości ze stosownym wyczuleniem na kwestie relacji pomiędzy formalizmem teorii a jej fizyczną treścią, warto zapoznać się krótko ze stanowiskiem, jakie w tej kwestii prezentuje Roger Penrose.¹⁹ W pierwszym rzędzie wskazuje on na fakt, iż supersymetria pozwala na znacznie łatwiejsze uporanie się z nieskończonościami w kwantowej teorii pola, rozwiązując w ten sposób, przynajmniej częściowo, problem renormalizacji. Jest to jednak problem matematyczny, a nie fizyczny. Główna fizyczna trudność, zauważona zresztą także przez Smolina, wiąże się ze stawianym przez supersymetrię postulatem istnienia superpartnerów, czyli cząstek o spinie różnym od oryginalnych o $\frac{1}{2}\hbar$, których dotychczas eksperymentalnie nie wykryto. Razem z wielowymiarowością, supersymetria stanowi teoretyczne filary teorii strun, zwanej dziś częściej z tego powodu teorią *superstrun*.

Ich wzajemne powiązanie ostatecznie ujawniło się podczas *pierwszej rewolucji w teorii strun* w 1984, w ramach której Michael Green i John Schwarz wykazali, iż po wprowadzeniu warunku supersymetrii do teorii strun, prowadzącego do redukcji wymaganych wymiarów czasoprzestrzeni z 26 do 10, następuje eliminacja *anomalii*, dająca w efekcie spójną i skończoną teorię superstrun.²⁰ Dodatkowo jednak, teoria superstrun zaczęła być postrzegana jako „kompletna spójna teoria kwantowej grawitacji, gdzie nierenormalizowalność standardowej teorii względności jest zastąpiona przez całkowicie skończoną strunową teorię kwantowej grawitacji”.²¹ Tak Smolin, jak i Penrose, zauważają w tym momencie, iż matematyczna spójność teorii staje się naczelnym kryterium i siłą unifikacji fizyki, natomiast jej treść fizyczna oraz eksperymentalna weryfikacja nie posiadają już większego znaczenia. Smolin komentuje ten fakt w następujący sposób:

Powszechne odczucie było takie, że skoro może istnieć tylko jedna spójna teoria, która unifikuje całą fizykę, a teoria strun zdaje się to spełniać, to musi być ona prawdziwa. Koniec z zależnością od eksperymentu, który weryfikuje nasze teorie. Tak działo się od czasów Galileusza. Teraz matematyka wystarczała do objaśniania praw natury. Wkroczyliśmy w okres fizyki postmodernistycznej.²²

Frustracja Smolina, której nie sposób nie zauważyć w powyższym cytacie, jest uzasadniona o tyle, iż występuje tutaj ewidentne odejście od klasycznego paradygmatu nauki, w którym weryfikacja eksperymentalna rozstrzyga o prawdziwości postulowanej teorii.

¹⁸ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 118.

¹⁹ R. Penrose, *The Road...*, s. 873-877.

²⁰ M. B. Green, J. H. Schwarz, *Anomaly Cancellations in Supersymmetric D=10 Gauge Theory and Superstring Theory*, „Physical. Letters B”, 1984 nr 149 (1-3), s. 117-122.

²¹ Penrose, *The Road...*, s. 892.

²² L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 129.

Nie zważając jednak na dalsze skutki tego odejścia, Smolin w charakterystycznym dla siebie stylu traktuje problem wielowymiarowości jako formalną przeszkodę, którą należy usunąć, aby teoria mogła odtworzyć standardowy model cząstek w fizycznie obserwowanej czterowymiarowej czasoprzestrzeni, gdzie pozostałe sześć wymiarów jest *skompaktyfikowanych*. W teorii strun osiąga się to poprzez zastosowanie tak zwanych przestrzeni Calabiego-Yau, które jednak nie pozwalają ostatecznie na wygenerowanie jednoznacznego formalizmu superstrun. Choć można by w tym momencie przypuszczać, iż Smolin bierze pod uwagę fizyczną treść teorii w postaci konieczności dostosowania jej do wymogu czterowymiarowości, to jednak sam fakt wykorzystania tych przestrzeni jako zabiegu o czysto matematycznym charakterze sugeruje, iż Smolin nie zauważa tutaj metodologicznej nieścisłości, związanej z niemożnością przypisania przestrzeniom Calabiego-Yau jednoznacznej treści fizycznej. Trudno zatem wymagać, by ich zastosowanie dało znaczący efekt unifikacyjny.

Jeszcze większe uproszczenia natury metodologicznej i ontologicznej można napotkać w ocenie, jaką Lee Smolin prezentuje w odniesieniu do *drugiej rewolucji w teorii strun*. Pierwsza rewolucja w teorii superstrun wykazała, iż sama teoria superstrun wymaga unifikacji z racji istnienia pięciu spójnych formalizmów w dziesięciowymiarowej czasoprzestrzeni. Nowa idea unifikacyjna, zaproponowana przez Edwarda Wittena w 1995 roku, sugerowała, iż w oparciu o własności *dualności*, jakie pomiędzy parami powyższych formalizmów zachodzą, można wnioskować o istnieniu jednej, zunifikowanej *teorii M* o nieznannej jeszcze postaci.²³ Roger Penrose wskazuje jednak na fakt, iż dualności te wynikają raczej ze złożonych relacji pomiędzy odpowiednimi strukturami matematycznymi (np. przestrzenie Calabiego-Yau) niż z precyzyjnej treści fizycznej. W ramach drugiej rewolucji strunowej doszło także do jeszcze jednego zabiegu o znaczeniu ontologicznym, który polegał na zastąpieniu jednowymiarowych strun wielowymiarowymi obiektami, zwanymi *D-branami*. Jak słusznie zauważa sam Smolin, teoria strun przestała więc być teorią strun, a stała się teorią wielowymiarowych *bran*. Teoretyczne uzasadnienie tego kroku, jakiego ostatecznie dostarczył Joseph Polchinski, polegało na wykazaniu, iż wprowadzenie bran było konieczne dla zachowania spójności relacji dualności pomiędzy istniejącymi wersjami teorii superstrun.²⁴ Chociaż krok ten ewidentnie zalicza się do kolejnych zabiegów natury czysto matematycznej, podobnie jak w wielu omówionych już przypadkach, Smolin nie zdaje się zauważać pozytywistycznej i *de facto* konstruktywistycznej mentalności teoretyków superstrun i dlatego nie artykułuje braku fizycznego uzasadnienia ich poczynań. Pomijając w tej chwili bardziej złożoną kwestię termodynamiki czarnych dziur oraz hipotezy Maldaceny, warto w następnym kroku przyjrzeć się kwestii zależności teorii superstrun od geometrii czasoprzestrze-

²³ E. Witten, *String Theory Dynamics in Various Dimensions*, „Nuclear Physics B”, 1995 nr 443, s. 85-126.

²⁴ J. Polchinski, *Dirchlet Branes and Ramond-Ramond Charges*, „Physical Review Letters”, 1995 nr 75, s. 4724-4727.

ni, którą Smolin zalicza do największych grzechów strunowego *millieu*, i gdzie w odróżnieniu od dotychczasowych poszukiwań, zajmuje postawę bardziej konsekwentnego fizyka-relatywisty.

NIEZALEŻNOŚĆ OD TŁA

Problem zależności teorii superstrun „od tła” (ang. *background dependence*) stanowi dla Lee Smolina podstawowe kryterium natury fizycznej, w oparciu o które buduje on swoją krytykę tej teorii. Fakt ten koresponduje z wstępnymi deklaracjami Smolina jako realisty, wymagającego, aby budowane teorie fizyczne dostarczały wiedzy o przyrodzie, czyli posiadały konkretną treść fizyczną. W tym względzie identyfikuje się on ze stanowiskiem wielu fizyków proveniencji relatywistycznej, traktując ogólną teorię względności i wynikający z niej dynamiczny charakter geometrii czasoprzestrzeni jako nieusuwalny element fizycznego obrazu rzeczywistości, który musi respektować każda uogólniona teoria. Smolin pisze:

Przed Einsteinem myślano o geometrii jako o części praw. Einstein odkrył, że geometria przestrzeni rozwija się w czasie zgodnie z innymi, głębszymi prawami... Oznacza to, że prawa natury muszą zostać wyrażone w formie, która nie zakłada, że przestrzeń ma jakąś ustaloną geometrię. Jest to istota Einsteinowskiej lekcji. Streszczamy ją w zasadzie, którą opisaliśmy wcześniej: jest to *zasada niezależności od tła*. Zasada ta głosi, że prawa przyrody mogą być wyczerpująco określone bez jakiegokolwiek wcześniejszego założenia co do geometrii czasoprzestrzeni... Powiedzieć, że prawa fizyki są niezależne od tła oznacza, że geometria przestrzeni nie jest ustalona, ale rozwija się w czasie... Tak więc idea niezależności od tła w swoim najszerzym rozumieniu jest częścią mądrości, mówiącej o tym, jak uprawiać fizykę.²⁵

Z tej racji absolutnym wymaganiem w stosunku do teorii superstrun, a w szczególności do nowej, nieznannej teorii M., jest jej *niezależność od tła*. Smolin wysuwa więc podstawowy zarzut, iż współcześnie istniejące spójne wersje teorii strun tego warunku nie spełniają, zakładając, iż superstruny, a także ich wielowymiarowe odpowiedniki (brany) poruszają się w klasycznym, niezmiennym tle czasoprzestrzeni nieewoluującej w czasie. Co więcej, nie spełniają go jako jedyne z grona kandydatek na ostateczną teorię kwantowej grawitacji. Niejednolitość świata teorii strun jest na tyle duża, iż trudno praktycznie wskazać, jakie konkretne zabiegi mają zagwarantować niezależność fundamentalnej teorii M od tła, żywi się jedynie nadzieję, iż teoria ta zapewni odpowiedni schemat kwantowania grawitacji i takim kształcie stanie się teorią opisującą naturę. W takim kształcie powinna ona sprostać kryteriom unifikacyjnym, przedyskutowanym we wcześniejszej części niniejszej pracy, stwarzając warunki do swej empirycznej weryfikacji.

Warto jednak zauważyć, iż Smolin aplikuje kryterium niezależności od tła z pozycji realisty do teorii, która, jak pokazano powyżej, od samego swojego początku nie aspirowała do tworzenia fizycznego obrazu świata (może poza zastąpieniem punk-

²⁵ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 97-98.

towych cząstek strunami, *nota bene* nieweryfikowalnymi empirycznie ze względu na rozmiar bliski poziomowi Plancka). Jego stwierdzenie, iż wielowymiarowość stanowi „przeszkodę w unifikacji świata”²⁶ pozwala jedynie utwierdzić się w przekonaniu, iż traktując eliminację anomalii cechowania przy zwiększaniu ilości wymiarów czasoprzestrzeni do z 4 do 26 jako element budowania zunifikowanego obrazu fizycznego, zdradza on daleko idący brak ontologicznej i metodologicznej precyzji oraz rozumienia, co należy traktować jako realnie istniejące obiekty, a co jako formalne procedury matematyczne. Można więc śmiało przypuszczać, iż za znaczną część jego frustracji i *de facto* niekompletnej diagnozy sytuacji teorii superstrun współcześnie odpowiada nieprzestrzeganie metodologicznych reguł, o których stanowi filozofia nauki.

W RAMACH ZAKOŃCZENIA — CO ZROBIĆ Z TEORIĄ CZEGOKOLWIEK?

Określenie teorii superstrun mianem *teorii czegokolwiek* zamiast szumnego przydomka *teoria wszystkiego* stanowi chyba najlepsze podsumowanie stanowiska, jakie w *Kłopotach z fizyką* prezentuje w stosunku do tej teorii Lee Smolin. Wprowadza on bowiem to określenie w oparciu o skądinąd trafne oczekiwanie, aby teoria superstrun tłumaczyła zgodną z najnowszymi obserwacjami dodatnią wartość stałej kosmologicznej, wskazującą na istnienie *ciemnej energii*. Problem polega jednak na tym, iż wykazano istnienie mniej więcej 10^{500} wersji teorii superstrun, gwarantujących dodatnią stałą kosmologiczną! Z uwagi na fakt, iż jest to niewątpliwie kolejny cios dla unifikacyjnych aspiracji teorii strun, ratunku zaczęto szukać w uzasadnieniach typu *metafizycznego*, kojarząc otrzymany krajobraz teorii strun (ang. *landscape*) z ideą *wieloświata*. Głównym pomysłodawcą takiego rozwiązania jest Leonard Susskind, który w kontekście wieloświata posiłkuje się *zasadą antropiczną* dla uzasadnienia specyfiki wszechświata, gdzie wyłoniło się życie. I znów do fizyki wkracza metafizyka, gdyż uzasadnienie takie nie wynika z formalizmu teorii superstrun, ale jest apriorycznie narzuconą *zasadą heurystyczną*, która, ze względu na stochastyczny rozkład parametrów fizycznych we wszystkich wszechświatach, praktycznie eliminuje empiryczną weryfikowalność teorii. Stanowi to niewątpliwie odejście od klasycznego paradygmatu nauki, co bulwersuje wielu fizyków, szczególnie tych powoływanych do relatywistycznej.²⁷ Choć Smolin zdecydowanie staje po ich stronie, to jednak proponowane przez niego rozwiązanie nie prowadzi do zamierzonej przez niego eliminacji przypadkowego rozkładu parametrów w różnych wszechświatach. Jak wspomniano na początku, Smolin czerpie w tej kwestii swoje inspiracje z analogii do

²⁶ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 203.

²⁷ Zob. np. A. Staruszkiewicz, *Koncepcja multiverse zamachem na tradycyjne pojmowanie praw przyrody*, [w:] M. Heller et al., *Prawa przyrody*, Kraków — Tarnów 2008, OBI, PAU, UJ, BIBLOS, s. 13-19.

mechanizmu naturalnej selekcji w biologii ewolucyjnej, zgodnie z którymi nowe wszechświaty powstają z wnętrza czarnych dziur, a naturalna selekcja powinna preferować wieloświaty obfitujące w czarne dziury. Istnieje więc szansa, iż zminimalizowana w ten sposób przypadkowość parametrów fizycznych pozwoli na wyjaśnienie jednoznaczności praw fizyki w oparciu o zasadę naturalnej selekcji. Zgodnie jednak z krytyką naturalnej selekcji dla zagadnień kosmologicznych, jaką zaprezentował Gordon McCabe, kryteria warunkujące działanie tego mechanizmu są zbyt restrykcyjne, aby podporządkować im wszystkie możliwe wszechświaty, co stoi na przeszkodzie wyjaśnieniu, dlaczego w obserwowanym przez człowieka wszechświecie zaistniały warunki korzystne dla powstania życia.²⁸ Kosmologiczna naturalna selekcja jest więc również przejawem metafizycznych postulatów Smolina, a nie drogą ku zagwarantowaniu teorii superstrun jednoznaczności i empirycznej weryfikowalności. O ile więc Smolina można niewątpliwie považać za wiele osiągnięć w dziedzinie fizyki, to jednak zasada metodologicznego naturalizmu wymyka mu się chyba tutaj trochę z ręki. Nawet metafizyka nie jest w stanie uczynić z teorii cokolwiek teorii wszystkiego.

Jak zatem ostatecznie zdiagnozować problem Smolina? Najlepiej chyba wykorzystać jego własną odpowiedź w tej materii, kiedy oświadcza, iż „problemy, przed jakimi staje teoria strun, odnoszą się bezpośrednio do korzeni całego przedsięwzięcia unifikacji”.²⁹ Czy zatem podane przez niego kryteria unifikacji są wystarczające? Jak już było wielokrotnie wspomniane, Smolin otwarcie deklaruje swoją przynależność do „klubu” relatywistów, traktujących poważnie treść fizyczną rozważanych przez siebie teorii, o czym świadczy chociażby część trzecia *Kłopotów z fizyką*. Część ta stanowi wnikliwą i ciekawą analizę alternatywnych do teorii superstrun propozycji unifikacyjnych w fizyce, opartych na oryginalnych pomysłach, takich jak *geometrie nieprzemienne*, *twistory* czy też *kwantowa triangulacja*. W analizie tej wskazuje on na szereg idei, niosących w sobie głębokie znaczenie fizyczne, które obecne są w tych projektach. Píše następująco: „Najbardziej udane sposoby podejścia do kwantowej grawitacji wywodzą się z połączenia trzech podstawowych idei: że przestrzeń jest emergentna, że bardziej fundamentalnym opisem jest nieciągłość, i że opis ten w fundamentalny sposób obejmuje przyczynowość”.³⁰ Ostatecznie jednak stwierdza, iż najbardziej fundamentalną kwestią, jaka nadal dzieli mechanikę kwantową oraz ogólną teorię względności, jest kwestia czasu. Nie ulega wątpliwości, iż jest to doniosły problem fizyczny, ponieważ jedną z przeszkód unifikacyjnych tych teorii stanowi *kowariantność* ogólnej teorii względności, podczas gdy mechanika kwantowa operuje w czterowymiarowej czasoprzestrzeni euklidesowej.³¹ Biorąc pod uwagę podane

²⁸ G. McCabe, *A Critique of Cosmological Natural Selection*, preprint, cyt. za. M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia wszechświata*, Kraków 2008, Universitas, s. 109-117.

²⁹ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 203.

³⁰ L. Smolin, *Kłopoty...*, s. 245.

³¹ Zob. np. Ch. Isham, *Canonical Quantum Gravity and the Problem of Time*, [arXiv:gr-qc/9210011v1](https://arxiv.org/abs/gr-qc/9210011v1)

przez Smolina kryteria unifikacyjne oraz jego ewidentną sympatię pod adresem nie-strunowych propozycji unifikacyjnych, trudno jest zrozumieć jego metodologiczną beztroskę w ocenie, które zabiegi w teorii superstrun realizują konkretną ideę fizyczną, a które są jedynie próbami uspoźnienia ich struktury matematycznej.