

Jarosław Mrozek

CZY ZMIANA KRYTERIÓW NAUKOWOŚCI WE WSPÓŁCZESNEJ FIZYCE TEORETYCZNEJ?

STRESZCZENIE

Współczesne teorie fizyczne i kosmologiczne ponownie stawiają przed filozofami i metodologami problem naukowości rozważanych idei. Wiąże się to głównie z kwestią ich empirycznego testowania. Wiemy, że wiele koncepcji współczesnej fizyki teoretycznej takich jak superstruny czy multiwszechświat jak dotąd nie doczekały się ani jednej obserwacji czy eksperymentu, które by je potwierdzały. W tej sytuacji pojawiają się próby osłabienia wymogów metodologicznych nakładanych na teorie, by móc nadal uważać je za naukowe. Wyzwanie, przed którym stają fizycy, filozofowie i metodolodzy polega na próbach określenia możliwej do przeprowadzenia nieempirycznej procedury weryfikacyjnej w przypadku, gdy teorie te postulują istnienie zasadniczo nieobserwowalnych obszarów rzeczywistości.

Słowa kluczowe: kryteria naukowości, fizyka, empiryczne testowanie, nieempiryczna procedura weryfikacyjna.

UWAGI WSTĘPNE

W tym artykule rozważam wielokrotnie już podnoszoną w filozofii nauki fundamentalną kwestię definiowania kryteriów naukowości.¹ Równoważną wersją tego zagadnienia jest kwestia demarkacji, czyli problem: jak należy przeprowadzić rozróżnienie pomiędzy nauką i nie- lub pseudonauką? Dlaczego fizyka, kosmologia czy astronomia uznawane są za naukę, podczas gdy astrologia i gastronomia nie?

Problem ten staje się kłopotliwy w obliczu sytuacji, jaka wytworzyła się obecnie w fizyce teoretycznej. Pojawiają się w niej takie teorie, których nie sposób sprawdzić, teorie nie dające się ani zweryfikować, ani sfalsyfikować. Nie ma bodaj tygodnia, byśmy nie byli informowani o zdumiewających odkryciach fizyków, astronomów, kosmologów, które następnie stają się podstawą dla wysnuwania coraz to bardziej nieprawdopodobnych i fanta-

¹ Będziemy używać pojęcia nauki w znaczeniu angielskiego wyrażenia *science*.

stycznych — choć całkowicie zmatematyzowanych — teorii dotyczących otaczającej nas rzeczywistości. Pomysły takie realizują się w postaci idei takich jak, na przykład, teoria superstrun czy koncepcja multiwszechświata. Jednak jak dotąd nie ma ani jednej obserwacji, ani eksperymentu, które by je potwierdzały. W niektórych przypadkach takich potwierzeń wręcz z definicji być nie może. Czy wobec tego można uznać je za naukowe?

Tego typu teoretyczne spekulacje wydają się jednak być akceptowane jako naukowe przynajmniej przez część środowiska naukowego. Właśnie ci naukowcy utrzymują, iż powinniśmy zapomnieć o metodologicznych wymaganiach formułowanych przez filozofów w stosunku do teorii naukowych. Postulują oni, by pozwoić środowisku naukowemu przez pryzmat własnej praktyki naukowej określać, czym jest, a czym nie jest nauka. W odpowiedzi na ten postulat naukowców filozofowie zauważają, iż takie podejście zawiera błędne koło w rozumowaniu definiującym naukę: nauką jest to, co „robią” naukowcy i inaczej formułują pytanie: jak bardzo teoria może być spekulatywna, oderwana od materiału empirycznego? Tym samym próbują wyznaczyć granicę między nauką a metafizyką.

Historia nauki pokazuje, że spekulatywne teoretyzowanie zawsze było elementem nauki, jednak wcześniej, pod nadzorem metodologii naukowej wypracowanej przez filozofów, spekulacje bądź to stawały się elementem uznanej nauki, bądź były rugowane poza jej obręb i popadały w całkowite zapomnienie. Większość fizyków zgadza się, że kluczową wartością epistemiczną rozstrzygającą o naukowości teorii jest empiryczna testowalność teorii. Zwolennicy tego tradycyjnego podejścia uważają ją za nieodłączny warunek, aby teorię można było uznać za naukową. Słowem, teoria, która odcina się od konfrontacji z danymi empirycznymi nie należy do sfery nauki.

FALSZYFIKACJONIZM

Po wystąpieniu Karla Poppera z ideą falsyfikacji uznano ją za znakomitą i skuteczną broń do usuwania groźby pseudonauki, a jednocześnie za definiującą charakterystykę nauk realnych. Z procedurą falsyfikacji wiązano nadzieje uzyskania niezawodnego kryterium demarkacji pozwalającą odróżnić naukę od pseudonauki. Popperowska idea opiera się na klarownej logice, co wydaje się podtrzymywać koncepcję falsyfikacji. Jednakże okazało się, iż nawet w czasach, kiedy nie było powodu do niepokoju, to znaczy, gdy nie pojawiały się znaczące koncepcje teoretyczne zasadniczo nefalsyfikowalne, Popperowskie kryterium zawodziło. Stwierdzono bowiem, że procedura falsyfikacji teorii opierająca się na prostym schemacie *modus tollendo tollens*²

² Reguła logiki mówiąca, że jeżeli zaakceptujemy, że z X wynika Y oraz że Y — jest fałszywe, to musimy zaakceptować też fałszywość X-sa; $[(X \Rightarrow Y) \wedge \neg Y] \Rightarrow \neg X$.

może być trudna w zastosowaniu praktycznym. Już Pierre Duhem zwrócił uwagę, że przewidywania teorii naukowych często opierają się na mnóstwie dodatkowych założeń, które przyjmujemy podczas testowania teorii. Jeśli wydaje się, że jakiś eksperyment falsyfikuje teorię, jest możliwe, że odpowiedzialna za to może być raczej hipoteza pomocnicza niż sama teoria.³ Tak więc, w ogólnym przypadku, metoda falsyfikacji nie „pracuje” na gruncie realnie uprawianej nauki.

Także fakty z historii nauki pokazują, iż kwestia falsyfikacji teorii wcale nie jest taka prosta, jak wyobrażał sobie Popper. Nawet kiedy uczeni stwierdzali, że teoria nie przeszła pewnego testu empirycznego, zdarzało się w rzeczywistej praktyce naukowej, iż wcale jej nie odrzucali. Okazało się więc, gdy weźmiemy pod uwagę to, co naukowcy rzeczywiście robią, że postulat falsyfikacji nie jest respektowany. Przywołajmy klasyczny przypadek teorii Newtona. W XX wieku newtonowska teoria grawitacji była wielokrotnie falsyfikowana przez obserwacje, na przykład, przez przewidywanie jedynie połowy efektu zakrzywiania światła przez pole grawitacyjne Słońca; nie wspominając już kwestii anomalnego ruchu Merkurego. Jednakże naukowcy wcale nie pozbyli się teorii Newtona, która doskonale sprawdzała się w większości codziennych problemów badanych przez fizykę.

Z pragmatycznego punktu widzenia falsyfikacja więc zawodzi – nie jest jasne, kiedy i jak stosować to kryterium,⁴ w szczególności niejasne jest, jak przy jego pomocy rozróżnić naukę od pseudonauki.⁵ W realnej działalności naukowej trudno to kryterium stosować, także z powodów psychologicznych.⁶ Uczeni podświadomie starają się raczej szukać potwierdzeń własnej teorii niż faktów jej przeczących. Często trudno im się pogodzić z tym, że teoria, w której wypracowanie włożyli tak wiele wysiłku, okazuje się fałszywa. Jednak nadal jeszcze, dla wielu naukowców, Popper pozostaje filozofem, którego postulaty metodologiczne, jego sposób myślenia o nauce są najbliższe temu, co oni robią. Wyjaśnienie tego fenomenu zaproponował Colin Howson: „uczeni lubią proste metodologiczne koncepcje, które dobrze odpowiadają temu, co oni uważają za poprawne naukowe postępowanie.”⁷

Kryterium falsyfikacji jest atakowane także z drugiej strony – jako wymóg ograniczający swobodną twórczość naukową. Przykładem wspomnianego sprzeciwu płynącego z kręgu fizyków jest wystąpienie Leonarda Susskinda. Jest to jeden z tuzów współczesnej fizyki teoretycznej, który nie

³ Zilustrujemy to na schemacie wnioskowania: $\{(X \wedge Z_d) \Rightarrow Y\} \wedge \neg Y \Rightarrow (\neg X \vee \neg Z_d)$; Z_d – założenie dodatkowe.

⁴ Np. w kontekście programu badawczego Lamarcka czy Darwina.

⁵ Astrologowie, wróżbicy i znachorzy także formułowali falsyfikowalne stwierdzenia – ale nie tworzą one nauki.

⁶ Zwrócił na to uwagę Paul Feyerabend w: *Jak być dobrym empirystą?* przeł. K. Zamiara, PWN, Warszawa 1979, s. 46–47.

⁷ Cyt. za: R. Matthews, *Do We Need to Change the Definition of Science?* New Scientist, May 2008; <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg19826551.700&print=true>

ma uznania dla „popperazzi”⁸ i filozoficznych kryteriów demarkacyjnych. Napisał on:

„...przez moją długą karierę naukową słyszałem zarzut nefalsyfikowalności miotany w tak wiele ważnych idei, że jestem skłonny sądzić, że żadna koncepcja nie może posiadać wielkich zalet, dopóki nie zostanie poddana tego typu krytyce ...[ale] dobra metodologia naukowa nie jest abstrakcyjnym zbiorem reguł narzucanych przez filozofów. Jest ona warunkowana i określana przez samą naukę i naukowców, którzy tworzą naukę... Falsyfikacja, w mojej opinii, jest tematem zastępczym, lecz konfirmacja — to już inna historia.”⁹

Zwolennicy takiego podejścia głoszą, iż nadszedł już czas, by odstawić do lamusa Popperowski sposób ujmowania funkcjonowania nauki przy pomocy logiki dedukcyjnej. Nie akceptują postulatu metodologicznego głoszącego, że głównym kryterium oceny naukowości teorii naukowych ma być ich falsyfikowalność. Wyrażają przekonanie, że nauka opiera się raczej na gromadzeniu pozytywnych dowodów świadczących za teorią, a nie na poszukiwaniu obaleń. Parafrazując opinię Tegmarka¹⁰ wyznają, iż: to, co my robimy w nauce nie jest falsyfikowaniem, ale uprawdopodobnieniem, tj. gromadzeniem dowodów wzmacniających naszą teorię. Zalecenie wynikające z przyjęcia tego stwierdzenia głosi: należy skupić się na tym, co naukowcy rzeczywiście robią, czyli na zbieraniu potwierdzeń dla rywalizujących teorii i ocenianiu ich względnej wiarygodności. Gdy już mamy pewną ilość zgromadzonego materiału empirycznego, możemy na jego podstawie oceniać wiarygodność proponowanych wyjaśnień, czyli hipotez, także już pretendujących do miana teorii.

Niech X będzie pewnym wynikiem obserwacji, zaś H — pewną hipotezą wyjaśniającą ten wynik. Przyjmijmy, że $P(X)$ jest prawdopodobieństwem, że w wyniku obserwacji otrzymamy wynik X . Wtedy $P(X/H)$ byłoby prawdopodobieństwem, że X się pojawi, po przyjęciu hipotezy H . Z kolei, jeżeli $P(H)$ to prawdopodobieństwo (subiektywne), że hipoteza H jest prawdziwa; wtedy $P(H/X)$ byłoby prawdopodobieństwem, że hipoteza H jest prawdziwa, pod warunkiem zaobserwowania X .

BAYESIANIZM

Okazuje się, że jest to ujęcie rozumowania naukowego, które ma solidne podstawy teoretyczne. Sednem tej koncepcji są prawa sformułowane przez Thomasa Bayesa, osiemnastowiecznego angielskiego matematyka, który był

⁸ Złośliwa nazwa wymyślona przez Susskinda na określenie współczesnych zwolenników Poppera.

⁹ L. Susskind, *The cosmic landscape: string theory and the illusion of intelligent design*. Little, Brown and Company, New York, 2006, s. 193–195.

¹⁰ Cytuję z pamięci: “What we do in science is not falsifying, but ‘truthfying’ – building up the weight of evidence.”

panionem idei odwróconego prawdopodobieństwa. Teoria Bayesa opisywała, jak należy oceniać szanse wystąpienia jakiegoś zdarzenia, gdy wiadomo na pewno, że wystąpiło równocześnie jakieś inne zdarzenie. Bayes przyczynił się do zrozumienia różnicy między prawdopodobieństwem, że seria jakichś doświadczeń miałyby określony wynik, gdyby określona teoria była prawdziwa, z prawdopodobieństwem — jak prawdopodobna jest jakaś wyjaśniająca hipoteza, jeśli wiadomo, że przeprowadzone doświadczenia uzyskały określony wynik.

Mówiąc prościej teoria Bayesa pokazuje różnice pomiędzy prawdopodobieństwem zaobserwowania określonego wyniku doświadczenia pod warunkiem, że uznajemy za prawdziwą hipotezę H a prawdopodobieństwem, że hipoteza H jest wiarygodna, pod warunkiem zaobserwowania wyniku obserwowanego doświadczenia. Podstawowy wzór Bayesa, w przeciwieństwie do wzoru na prawdopodobieństwo warunkowe, jest wzorem *a posteriori*, gdyż stosuje się go do obliczania prawdopodobieństwa przyczyny po zajściu określonego skutku. Mamy tu do czynienia z fundamentalną różnicą między rachunkiem prawdopodobieństwa a statystyką; pierwsza dziedzina zajmuje się przepowiadaniem wyników, gdy prawdopodobieństwa są już ustalone, druga ma na celu wnioskowanie o wartościach prawdopodobieństw (hipotez) na podstawie obserwacji i zgromadzonych danych (X).

W przeciwieństwie do Popperowskiej koncepcji nauki, Bayesa wizja rozwoju nauki nie zaniedbuje momentu realnej działalności uczonych. Podejście Bayesowskie¹¹ ujmuje w sposób ilościowy tę praktykę. Uczeni rozpoczynają od określenia istotności i zakresu konkurencyjnych koncepcji wyjaśnienia tych samych, pochodzących z obserwacji, zjawisk. Następnie matematyka wnioskowania bayesowskiego jest używana do wyliczania prawdopodobieństw (wag) uzyskiwanych bądź traconych przez konkurencyjne teorie. Innymi słowy, teoria prawdopodobieństwa pozwala nam ocenić hipotezę w świetle danych empirycznych

Dzieje się to poprzez porównywanie prawdopodobieństwa otrzymania wyników obserwacyjnych przy założeniu, że opieramy się o jedną z konkurencyjnych teorii. Teoria, dająca najwyższe prawdopodobieństwo może być uważana za teorię, która uzyskała najwyższe poparcie od danych empirycznych. A więc przyjmując za modele rzeczywistego świata pewne koncepcje teoretyczne, szacuje się przy pomocy wzorów probabilistycznych prawdopodobieństwo, że one się realizują w rzeczywistości, biorąc pod uwagę znane obserwacje, które pośrednio mogą dotyczyć wspomnianych modeli. Możemy, przykładowo, porównywać koncepcję multiwszechświata z hipotezą pojedynczego wszechświata w świetle zaobserwowanego tajemniczego subtelnego dostrojenia (*fine tuning*) wartości pewnych stałych fizycznych,

¹¹ Por. R. Trotta, *Bayes in the Sky: Bayesian Inference and Model Selection in Cosmology*, Contemporary Physics, 49, s. 71–104. (<http://www.arxiv.org/abs/0803.4089v1>)

których naruszenie skutkowałoby nawet unicestwieniem znanego nam świata.

Przypomnijmy, że uczeni różnie próbują wyjaśnić to dostrojenie. W przypadku hipotezy pojedynczego wszechświata – mógłby to być zwyczajny zbieg okoliczności (mielibyśmy do czynienia z tzw. nagim faktem, z którym się nie dyskutuje), ewentualnie byłby to dowód na to, że pojedynczy wszechświat jest naszym Wszechświatem, zaprojektowanym przez (w wariacie teologicznym) Boga lub byłby symulacją (komputerową) przeprowadzaną przez bliżej nieokreśloną Inteligencję. Z kolei dla zwolenników koncepcji multiwszechświata, nie byłoby żadnej tajemnicy. Skoro istnieje (potencjalnie nieskończenie) wiele wszechświatów z różnymi wartościami stałych fizycznych, jest najzupełniej naturalne, że w jednym z „puli” wszystkich wszechświatów¹² wartości parametrów, które obserwujemy jako „dostrojone do naszego istnienia”, realizują się fizycznie.

Wielu filozofów nauki skłania się do uznania, że bayesianizm z jego matematyczną ścisłością i naturalnym ujęciem funkcjonowania realnej nauki jest właściwą metodologią. Jednak to podejście nie jest pozbawione problemów. Główny z nich dotyczy tego, że podczas gdy metoda Bayesa pokazuje, jak obserwacje mogą wzmacniać wstępne przekonania lub teorie, nic nie mówi o tym, jak je zdobywać. W odpowiedzi zwolennicy podejścia bayesjańskiego zwracają uwagę, że takie początkowe przekonania zazwyczaj stają się mniej ważne w końcowym efekcie, w rezultacie gromadzenia danych, dotyczących potwierdzeń. Co prawda fałszywe wczesne przekonania prawie nigdy nie są całkowicie fałszyfikowalne, ale mogą zostać porzucone dzięki świadectwom doświadczalnym, które przemawiają za teorią konkurencyjną.

Wśród zwolenników tego podejścia znaleźli się kosmologowie, którzy obecnie stosują metody Bayesa do wyodrębnienia najbardziej przekonującego modelu uniwersum w oparciu o sygnały płynące od obserwatorów. Dzięki temu, że metoda Bayesa wskazuje, który model wszechświata ze względów statystycznych jest „lepszy”, problem wyboru modelu jest rozstrzygany przez rygorystyczne, ilościowe detale i wyliczenia. Teoretycznie jednoznaczna fałszyfikacja jest zastąpiona odcieniami szarości stopni prawdopodobieństwa.

PROBLEM UZNAWANIA NAUKOWOŚCI TEORII

Powtórzmy, generalnie wszyscy fizycy zgadzają się z tym, że teoria naukowa musi dotyczyć przyrody w tym sensie, że powinna być empirycznie sprawdzalna. W obliczu tego stwierdzenia najważniejszym kryterium naukowości teorii jest jej testowalność. Niezależnie od tego, czy staramy się ją zweryfikować, czy sfalsyfikować oraz tego, co z nią zrobimy dysponując wy-

¹² Por. M. Tegmark, *Nasz matematyczny wszechświat. W poszukiwaniu prawdziwej natury rzeczywistości*, przeł. B. Bieniok i E. L. Łokas, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2015, s. 207.

nikami testów – aby teoria mogła uchodzić za naukową, musi być (choćby w zasadzie) testowalna. Teoria, która – pomimo wysiłków badaczy – nie rokuje żadnych szans, by można ją było poddać testowi, nie powinna być uważana za naukową. To podejście można nazwać kanonicznym, tj. tradycyjnie ugruntowanym punktem widzenia w kwestii testowalności teorii: jedynie empiryczny dowód może uwiarygodnić teorię.

Okazuje się jednak, że w przypadku współczesnej fizyki kwestia testowalności nie jest tak jednoznaczna,¹³ jak by się wydawało. Pewni fizycy i pod ich wpływem niektórzy filozofowie, nie zawsze zgadzają się, co do tego, *czym* właściwie jest testowalność empiryczna bądź *jak ważne* jest to kryterium w stosunku do kryteriów pozostałych, np. formalnych. Fizycy ci zmagając się z problemami teoretycznymi, dla których na razie nie ma żadnych obserwacyjnych ani eksperymentalnych wskazówek, postanowili zrezygnować z wymogu konfrontacji swych teorii ze światem, odrzucając tradycyjną wersję metody nauk empirycznych.

W związku z tym pojawia się pytanie: czy teoria może być nazwana naukową bez możliwości jej empirycznego (w sensie tradycyjnym) testowania? Kwestię tę w odniesieniu do teorii strun rozważa Richard Dawid.¹⁴ Przyznaje on, że aktualnie nie mamy żadnych empirycznych konfirmacji tej teorii oraz, że perspektywy ich uzyskania są raczej odległe, jeśli w ogóle możliwe do zrealizowania. Główny problem polega na tym, że przewidywana przez teorię strun (TS) wielkość jej podstawowych obiektów – strun i oraz dodatkowych wymiarów, w których one wibrują, jest tak mała, że nie będziemy mogli ich nigdy zaobserwować w akceleratorach używanych w najbliższej i możliwej do wyobrażenia przyszłości.¹⁵

Co zatem przemawia za uznaniem TS za naukową, mimo tego, że nie możemy jej bezpośrednio testować empirycznie? Dawid wyróżnia trzy argumenty, które „teoretycy strunowi” przytaczają na uzasadnienie swojej wiary w teorię strun. Oceniają oni naukowość swej teorii odwołując się do 1) jej wartości formalnych; 2) walorów koncepcyjnych oraz poprzez 3) charakterystykę procesu badawczego towarzyszącemu powstaniu i rozwojowi teorii strun. Filozofowie nauki – właśnie tacy jak Richard Dawid – mają nadzieję, że badając *case study* teorii strun będą mogli powiedzieć coś ogólnego na temat ewolucji współczesnej fizyki teoretycznej, kwestii naukowości jej teorii a w szczególności wymogu konfrontacji teorii ze światem.

¹³ Por. H. Kragh, *Testability and Epistemic Shifts in Modern Cosmology*; http://philsci-archive.pitt.edu/9294/1/SHPMP_PhilSci.pdf, § 4.

¹⁴ R. Dawid, *String Theory and the Scientific Method*, Cambridge University Press, Cambridge 2013. Swoją relację opieram na obszernym wywiadzie, którego udzielił Dawid czasopismu: 3:AM Magazine: Friday, July 4th, 2014.

¹⁵ Akcelerator, który mógłby potencjalnie zbadać „królestwo” superstrun, musiałby mieć w obwodzie 1000 lat świetlnych, ale nawet taki akcelerator nie pozwoliłby nam „dostrzec” dodatkowych wymiarów, w których wibrują struny. Dodajmy, że Układ Słoneczny ma obwód jedynie jednego dnia świetlnego. Podaję za: J. Horgan, *Koniec nauki, czyli o granicach wiedzy u schyłku ery naukowej*, przeł. M. Tempczyk, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 84.

Pierwszy argument za naukowością teorii strun odwołuje się do walorów formalnych teorii strun. Wewnętrzna struktura teorii strun daje powody, aby wierzyć, że jest ona w pełni spójną strukturą, i być może jest „teorią ostateczną”. Ponadto oferuje konkretną i obiecującą ideę prowadzącą do koherentnego opisu mechaniki kwantowej (MK) i ogólnej teorii względności (OTW), to znaczy, że teoria strun nie jest po prostu unifikacją MK i OTW. Istnieją inne podejścia jak np. pętlowa teoria kwantowej grawitacji, która również zajmuje się tą kwestią (unifikacji MK i OTW). Ale – twierdzi Dawid – teoria strun jest jedyną teorią, która w jednej całościowej strukturze teoretycznej ujmuje nasze aktualne rozumienie fizyki wysokich energii opartej na teorii cechowania pola oraz nasze rozumienie kosmologii oparte na OTW.

Drugi argument przywoływany przez Dawida, mówi o tym, że pomimo tego, iż do dziś teoria strun nie jest jeszcze w pełni zrozumiała i „przeliczona”,¹⁶ to teoria ta dała teoretykom daleko więcej głębokiego zrozumienia i lepszych wyjaśnień procesów fizycznych, niż mogli oczekiwać wtedy, gdy były formułowane jej podstawy. W świetle teorii strun wiele innych otwartych kwestii fizycznych ukazało się w „jaśniejszym świetle”. Fizycy strunowi uznali, że to jest znak, iż są na dobrej drodze.

Trzeci argument, tzw. argument z braku alternatywy (“*No Alternatives Argument*”), ma szerszy wydźwięk, wykraczający poza szczegółową kwestię teorii strun. Dawid doszedł do niego rozważając sytuację teorii strun w kontekście fizyki wysokich energii. Stwierdził, iż „...fizyka wysokich energii jest dziedziną, w której brak alternatyw w odniesieniu do danej teorii w połączeniu z faktem, że teoria ta wyjaśnia więcej niż to, do czego została przeznaczona, staje się *dobrym prognostykiem jej empirycznej wydolności* [wyróżnienie moje – J.M.]”.¹⁷ Chodzi o perspektywiczność – lub jak to ujmuje Dawid – żywotność czy przeżywalność teorii (*viability*).

Istotę swojej argumentacji Dawid wyjaśnia odwołując się do analogii historycznej. Pod koniec XIX wieku fizyka jak i chemia posługiwały się w szerokim empirycznym kontekście hipotezą atomową. Na tej podstawie wielu fizyków i chemików mocno wierzyło, że hipoteza atomowej budowy materii doprowadzi do postępu w nauce. Atomy nie były obserwowalne bezpośrednio, co znaczyło, że nawet zwolennicy atomizmu w większości przyznawali, że atomizm nie mógł być konfirmowany w z powodów zasadniczych. Atomy wydawały się być skazane na pozostawanie w wiecznej otchłani pomiędzy królestwem czystych spekulacji i domeną potwierdzonych teorii. Ale w początkach XX wieku rosnące spektrum spójnych przewidywań teorii atomistycznej w połączeniu z wzrastającą i coraz bardziej wyrafinowaną siłą

¹⁶ To znaczy, że sporo specyficznych predykcji, które mogłyby mieć odniesienie do testowalnych obecnie skali energii nie zostało matematycznie wyprowadzone z teorii strun.

¹⁷ R. Dawid: “... high energy physics is a field where a lack of alternatives to a given theory in conjunction with the observation that the theory explains more than what it was initially built to explain up to now *has been a good indicator of that theory's empirical viability*” [wyróżnienie moje – J. M.]; por. <http://www.3ammagazine.com/3am/string-theory-and-post-empiricism/>

wyjaśniającą atomizmu sprawiło, że idea nieatomistycznej teorii, która mogłaby z równym powodzeniem być stosowana do interpretowania wyników doświadczeń, wyglądała na coraz bardziej nieprawdopodobną.

Analogia w stosunku do TS jest czytelna. Żadne równie satysfakcjonujące alternatywy dla atomizmu nie były znalezione ani rozważane jako konkurencyjne ujęcia zjawisk atomowych. Hipoteza atomów wyjaśniała daleko więcej niż ci, co wprowadzali je do fizyki, zamierzali wyjaśnić. Istnieje oczywiście różnica między atomizmem z 1910 roku a dzisiejszą teorią strun: atomizm był wkrótce empirycznie potwierdzony zgodnie z dzisiejszymi standardami, podczas gdy teoria strun nie jest empirycznie konfirmowana do dzisiaj. Ale w procesie dochodzenia koncepcji atomistycznej do momentu uznania jej za potwierdzoną empirycznie teorię musieliśmy pierwotnie wziąć pod uwagę także argumenty, które są bardzo podobne do tych, które ustanowiłyby zaufanie do teorii strun dzisiaj: argumenty odwołujące się do nieempirycznej teorii oceny teorii naukowych.

Powyższe rozumowanie sugeruje, że zaufanie do teorii oparte na podstawie jej spójności, jedyności, „płodności” (wyjaśnianie większej liczby faktów niż były przyjęte w momencie konstruowania teorii) i „żywołności” (*viability*) może uzasadniać wiarę w naukowość teorii strun. W oparciu o takie rozważania Richard Dawid proponuje zastosowanie — w odniesieniu do teorii nietestowalnych w sposób tradycyjny — specyficznej, metodologicznej formy uznawania naukowego statusu teorii przyrodniczych, którą nazywa *nieempiryczną teorią konfirmacji* (teorii naukowych).

NIEEMPIRYCZNA TEORIA KONFIRMACJI

Ta koncepcja opiera się na takiej wizji nauki, w której naukowcy działają poprzez uzyskiwanie nowych danych empirycznych oraz (ewentualnie) używają ich do zastąpienia starej teorii przez teorię nową — bardziej odpowiadającą danym empirycznym. Cały ciąg przyszłych, nowych teorii może być rozumiany jako ciąg teorii alternatywnych w stosunku do wyjściowej, starej teorii ze względu na początkowy zbiór danych empirycznych. Podstawowe pytanie jest takie: jeśli rozwijamy teorię naukową w oparciu o dany zbiór danych empirycznych, to czy powinniśmy zakładać, że wiele innych teorii konkurencyjnych, które są zgodne z tymi danymi, mogłoby równie dobrze powstać? Istnieje intuicyjnie naturalna odpowiedź na to pytanie: oczywiście oczekujemy wielu możliwych alternatywnych teorii.

Powstaje jednak tzw. problem niedookreślenia teorii alternatywnych. Wyobraźmy sobie, że rozwijamy teorię opartą na znanych danych empirycznych, która oferuje specyficzne przewidywania wobec nadchodzących przyszłych eksperymentów. Wyobraźmy sobie następnie, że wachlarz możliwych alternatywnych teorii jest tak szeroki, że każdy możliwy rezultat nowego

eksperymentu mógłby być zinterpretowany, przez inną teorię naukową, która jest spójna ze znanymi danymi empirycznymi. W takim scenariuszu nie mielibyśmy jakiegokolwiek powodu ufać przewidywaniom naszej własnej teorii. Dlaczego mielibyśmy wierzyć, że nasza teoria jest perspektywiczna, natomiast wszystkie inne teorie, które łącznie „pokrywają” całe spektrum możliwych do pojawienia się rezultatów przyszłych eksperymentów, nie są do tego zdolne?

Dawid jest przekonany, iż fakt, że uczeni często ufają swoim teoriom wynika z tego, że *implicite* zakładają, że nie istnieje tak wiele możliwych alternatyw dla ich własnych teorii, lub, jak – to ujmuje Dawid – że *niedookreślenie procesu tworzenia alternatywnych teorii jest ograniczone*. Według Dawida to niedookreślenie może być oszacowane. Uczony szacuje siłę niedookreślenia zbioru nowych teorii:

- a) na podstawie braku znanych alternatyw dla uznawanej teorii,
- b) zaskakujących niezwykle wartościowych wyjaśnień proponowanych przez rozpatrywaną teorię lub
- c) możliwości uzyskania predykcyjnych sukcesów w badanym obszarze zainteresowań.

W świetle nieempirycznej teorii confirmacji teorii, jeśli istnieją mocne ograniczenia na niezeterminowanie alternatywnych, konkurencyjnych hipotez, to zwiększa się prawdopodobieństwo, że teoria poddawana ocenie jest perspektywiczna, rozwojowa, a więc – w rozumieniu nieempirycznej teorii confirmacji – naukowa. Związek pomiędzy liczbą możliwych alternatyw i szans na sukces predykcyjny jest intuicyjnie bardziej przekonujący, kiedy przeanalizujemy ekstremalne przypadki: jeśli istnieje nieskończona ilość alternatyw do wyboru i jedynie jedna z nich jest empirycznie wiarygodna, szansa by wybrać właściwą jest równa zero. Jeśli istnieje jedyna możliwa spójna teoria – i nawet jeśli założymy, że w ogóle istnieje jakaś inna możliwa do rozważenia teoria naukowa – szansa, że znajdziemy spójną, adekwatną teorię wyraźnie wzrasta.

Ewidentnie jednak, *nieempiryczna* teoria confirmacji naukowości teorii jest mniej wiarygodna i bardziej zawila niż *empiryczna* teoria potwierdzania naukowości teorii. To oczywiste, gdy pamiętamy o ostatecznym celu nauki, jakim jest osiąganie solidnych empirycznych świadectw na potwierdzenie danej teorii. Ale pytanie brzmi: co możemy zrobić, jeżeli empiryczne potwierdzenie nie przychodzi przez długi okres czasu lub nie widać możliwości empirycznego testu teorii w możliwym do wyobrażenia czasie? Odpowiedzią jest nieempiryczna teoria confirmacji, która z metodologicznego punktu widzenia jest – według Dawida – drugą najlepszą opcją dla szacowania statusu naukowego teorii.

W szczególności jest ona opcją przyszłościową w obliczu metodologicznych problemów współczesnej fizyki teoretycznej. Tradycyjna, kanonicznie rozumiana teoria confirmacji i, w konsekwencji, naukowości teorii fizycz-

nych, która uważa wszystkie obecnie nietestowalne teorie za „zaledwie” spekulacje, wydaje się być coraz bardziej nienaturalna i nieadekwatna w świetle aktualnej sytuacji we współczesnej fizyce teoretycznej. Jeśli weźmiemy na serio współczesną kosmologię i współczesną fizykę wysokich energii, to *nie* wydaje się rozsądne odrzucanie roli nieempirycznej teorii konfirmacji w uznawaniu naukowości teorii fizycznych. Nowe podejście do rozumienia naukowości w kontekście nieempirycznej teorii konfirmacji może pomóc fizykom zaakceptować perspektywę rozwoju ich dziedziny w świetle zaskakującej ewolucji teorii fizycznych.

KRYTYKA NIEEMPIRYCZNEJ TEORII KONFIRMACJI

Krytycy *nieempirycznej* teorii konfirmacji argumentują, że zaufanie i poleganie na niej, oparte jest na niefortunnym odejściu od ustalonej prawomocnej ścieżki uznawania teorii za naukową. Sabine Hossesender wręcz uznaje pojęcie nauki postempirycznej za oksymoron.¹⁸ Podkreśla: nie ma czegoś takiego jak post-empiryczna fizyka. Neguje sensowność rozróżnienia przez Dawida pomiędzy potwierdzaniem teorii (*theory confirmation*) a szacowaniem wiarygodności teorii (*theory assessment*). Stwierdza, że pomysł rozumienia („wglądu w”) rzeczywistości współczesnych teorii fizycznych poprzez ich niesprzeczność, bezalternatywność i heurystyczność nawet przy poprawnym szacowaniu ich „żywołności”, czyli nieempiryczna teoria oceny naukowości teorii może jedynie być rozumiana jako doprowadzenie do upadku wiary w możliwość ewentualnej empirycznej oceny danej teorii. Bez kontaktu z obserwacją teoria nie jest w stanie opisywać świata przyrody, przestaje być częścią nauk przyrodniczych ani (tym bardziej nie jest) częścią fizyki. Te „wglądy” o których mówi Dawid – w ocenie Sabine Hossesender – nie są zatem ocenami, które mogłyby kiedykolwiek uprawomocnić jakąś teorię, jako będącą w stanie opisać przyrodę. Krótko: teorie uzasadniane metodą oceny nieempirycznej nie należą do dziedziny nauk przyrodniczych.

Sabine Hossesender przyznaje, że fizycy teoretyczni oceniają swoje teorie także na podstawie innych, niż dane empiryczne, kryteriów. Listę otwiera matematyczna spójność, poprzez kryteria obiektywizujące takie jak prostota, naturalność oraz kryteria bardziej subiektywne jak elegancja, piękno i akceptacja specjalistów. Te kryteria są używane do oceny teorii, ponieważ niektóre z nich dowiodły swej użyteczności w doprowadzaniu teorii do empirycznego sukcesu. Sabine Hossesender pyta Dawida: czy jego nieempiryczna koncepcja oceny teorii naukowych jest użyteczna *hic et nunc*. Jeśli rozumieć użyteczność jako przydatność do opisu świata rzeczywistego (realnego), to nie wiadomo w jakim sensie koncepcja Dawida miałyby być użyteczna. Jed-

¹⁸ Por. <http://backreaction.blogspot.com/2014/07/post-empirical-science-is-oxymoron.html>

no jest pewne — konkluduje Sabine Hossesender — Dawid z pewnością nie pomaga chronić fizyków teoretycznych przed zatraceniem się w matematyce i zastanawia się, jak nazwać teorię, która mówi jedynie o „nieempirycznych faktach”. Są to takie teorie, których fizycy matematyczni nie chcą uznać ani za teorię fizyczną, ani za matematyczną. Proponuje ironicznie nazwać teorię strun czy koncepcję multiwszechświata tak oto: może *matematyczna filozofia* czy *filozoficzna matematyka*? Stanowisko Sabine Hossesender jest tradycyjne: jeżeli dana teoria nie opisuje natury, jeśli nie ma nic do powiedzenia na temat możliwych obserwacji i nawet nie aspiruje do tego, by coś przewidzieć, to nie jest fizyką.

Z kolei Peter Voit krytycznie odnosi się do Dawida koncepcji nieempirycznej teorii konfirmacji (czyli oceniania naukowości nietestowalnych aktualnie teorii fizycznych) z powodu całkowitej deprecjacji teorii strun, która w jego ocenie nie jest nawet błędna (*Not Iven Wrong*)¹⁹. Peter Voit przyznaje, iż eksperymenty fizyczne testujące koncepcje teoretyczne fizyki współczesnej stały się bardziej skomplikowane i bardzo trudne. I w zasadzie zgadza się z Dawidem, że powinniśmy myśleć o innych drogach oceniania niestandardowych pomysłów czy niekonwencjonalnych idei, by je zrozumieć. W tym kontekście przyznaje, że pewna wersja *argumentu z braku alternatywy* jest najmocniejszym argumentem za TS i jest motywacją dla fizyków by nadal pracowali na TS. Stwierdza, że „jeśli rzeczywiście mógłbyś pokazać, że alternatywy dla danego modelu są niemożliwe, to taki argument byłby przekonujący ale jest to bardzo rzadkie o ile w ogóle możliwe.”²⁰ Jednak w efekcie analizy tego rozumowania wysuwa zasadnicze zastrzeżenie: „tworzenie argumentu »z braku alternatywy« dla teorii z przytłaczającą ilością eksperymentalnych dowodów jest czymś całkowicie różnym niż usiłowanie uczynienia tego samego dla teorii z *zerowym dorobkiem* [podkreślenie moje – J.M.] dowodów eksperymentalnych.” Rzeczywiście teoria strun jest w takim stadium rozwoju, gdzie wyniki empirycznych doświadczeń (bo ich po prostu nie ma) nie pozwalają na rozstrzygnięcie pewnych zasadniczych dla tej teorii spraw, kwestii. Peter Voit przyznaje, iż postempiryczne sposoby oceniania postępu teoretycznego danej dziedziny fizyki są potrzebne. Ale zastrzega: muszą one być powiązane z rygorystyczną ochroną przed, zrozumiałymi z punktu widzenia psychologii, oczekiwaniami takimi jak pobożne życzenia (*wishful thinking*), czy, jak to nazwał Lee Smolin,²¹ przed „myśleniem grupowym” (*groupthinking*). Sposobu ustrzeżenia się przed „naukowymi złudzeniami” brakuje Voitowi w propozycji Dawida.

¹⁹ Peter Voit, *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search for Unity in Physical Law*, Basic Group, New York 2007.

²⁰ Por: <https://scientiasalon.wordpress.com/2014/07/10/string-theory-and-the-no-alternatives-argument/>

²¹ L. Smolin, *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, The Fall of a Science and What Comes Next*, Mariner Books edition, New York 2007.

ODPARCIE KRYTYKI

Według Dawida krytycy popełniają trzy błędy. Po pierwsze, *implicite* zakładają, że istnieje niezmienna koncepcja teorii confirmacji, która może służyć za kryterium zdrowego rozumowania naukowego. Gdyby tak było, pokazanie, że ktoś narusza podane kryterium, siłą rzeczy byłoby refutacją tej linii rozumowania. Ale nie mamy danych od Boga kryteriów i sposobów testowania teorii. Zasady i kryteria oceny, które mamy, są ubocznym wytworem procesu rozwoju nauki. Mogą się zmieniać w zależności od kontekstu i ewoluują wraz z rozwojem nauki. W celu skrytykowania strategii rozwoju teorii, nie wystarczy stwierdzić, że strategia ta nie zgadza się (w szczególności) z bardziej tradycyjnymi koncepcjami rozwoju nauki.

Po drugie, fundamentalna krytyka nieempirycznej teorii confirmacji nie rozumie natury argumentów, które popierają teorię. Te argumenty nie są ani arbitralne, ani bezkrytyczne. Teorie obecnie nietestowalne nie są całkowicie odseparowane od obserwacji. Teoria Strun i koncepcja Multiwszechświata są pośrednio oparte na danych empirycznych, na których opierają się te teorie, które są bazą teoretyczną powyżej wymienionych teorii (mechanika kwantowa, ogólna teoria względności i teoria wiecznej chaotycznej inflacji).

Po trzecie krytycy pomijają fakt, ustalony na meta-poziomie obserwacyjnym dotyczący danych historycznych, dotyczący rozwoju teorii naukowych. Chodzi ważny dla naszej dyskusji — uznania naukowości teorii w obliczu jej czasowego braku możliwości testowania — argument o charakterze pragmatycznym z „przeżywalności/perspektywiczności teorii”. Argument ten z grubsza głosi, że jeśli nikt nie podał lepszej alternatywy dla *dobrej* teorii rozpatrywanej w celu wyjaśnienia danego zjawiska czy procesu, to jest to przesłanka, by na serio uważać ją za naukową, gdyż w przeszłości koncepcje bezalternatywne miały tendencję do „przeżycia”, czyli przetrwania i osiągnięcia statusu takiego, jak uznane teorie naukowe.

Według Dawida mocno wspiera nieempiryczną teorię confirmacji historia bozonu Higgsa. Przewidywanie istnienia bozonu Higgsa jest wymownym przykładem wysokiego stopnia zaufania, jaki fizycy mieli do hipotezy przy długim braku empirycznego potwierdzenia. Fizycy byli całkiem pewni, że bozon Higgsa (lub coś, w tym rodzaju) istnieje od czasu, gdy Model Standardowy został pozytywnie zweryfikowany w latach 80-tych XX wieku.

Zauważmy, iż powód zaufania fizyków mieścił się w ramach *nieempirycznej* teorii confirmacji. Bez hipotezy Higgsa, model standardowy nie mógłby wyjaśniać posiadania masy przez cząstki elementarne. Żadna inna teoria (tylko hipoteza Higgsa) nie była w stanie satysfakcjonująco wytłumaczyć „masowych” własności cząstek. Dodatkowo, sam Model Standardowy był jedynym możliwym rozwiązaniem technicznego problemu renormalizacji (60-te i 70-te lata XX wieku), przez co stał się empirycznie wiarygodny w wielu aspektach.

Tak więc zaufanie i wiara w bozon Higgsa przed jego odkryciem dostarcza bardzo dobrego przykładu jak „pracuje” nieempiryczna teoria konfirmacji. Co więcej, fakt, że bozon Higgsa był rzeczywiście odkryty w 2012 pokazuje, że te argumenty na rzecz nieempirycznej teorii potwierdzania w tym przypadku się sprawdziły. Kiedy następnym razem nowa teoria fizyki wysokich energii będzie oceniana metodą nieempirycznej teorii konfirmacji, przypadek bozonu Higgsa będzie wskazówką, że ta metoda jest wiarygodna. Będzie świadczyć o tym, że nieempiryczna teoria uznawania naukowości teorii fizycznej może prowadzić (pod pewnymi warunkami) do zaufania wobec hipotezy, która ewentualnie, w przyszłości okaże się solidna, wiarygodna i „żywotna”.

KRÓTKA KONKLUZJA

Dostrzegam w argumentacji Dawida za nieempiryczną teorią konfirmacji pewien mankament. Otóż wśród wielu jego sposobów na wykazanie metodologicznej racjonalności nieempirycznej teorii konfirmacji pojawia się argument „z analogii”. Chodzi mi o jego porównanie współczesnej metodologicznej sytuacji teorii strun do sposobu argumentowania za hipotezą atomistyczną czy — jak powyżej przedstawiłem — zestawiania hipotezy strunowej z postulowaniem istnienia bozonu Higgsa. Analogia jest wyrazista i przekonująca, lecz jak wiemy skądinąd rozumowanie przez analogię nie jest niezawodne.

Niezależnie od tych wątpliwości myślę, iż należy docenić pomysł Dawida, w szczególności, w kontekście jego postawy wobec wymogu tradycyjnej empirycznej testowalności teorii fizycznych. Znamienne jest bowiem to, że Dawid nie chce zastąpić możliwości testowania teorii aprioryczną metodą nieempirycznej konfirmacji, a dąży — jak sądzę — do stworzenia możliwości rozwoju fizyki w dobie powstawania teorii, których testowanie przerasta nasze aktualne możliwości eksperymentatorskie. Otóż nieempiryczna koncepcja konfirmacji teorii miałyby być formą preselekcji teorii (w zamierzeniu) fizycznych, dzięki której uzyskalibyśmy narzędzie metodologiczne do rozpoznania idei teoretycznych, w które warto inwestować wysiłek intelektualny z nadzieją znalezienia formy ich testowania empirycznego w przyszłości. W moim mniemaniu jest to postawa racjonalna.

Podobnie dzieje się w matematyce w przypadku hipotez matematycznych, których nie udało się jeszcze dowieść. Jasne jest, że teza matematyczna staje się twierdzeniem, gdy przedstawi się jej matematyczny dowód. Jest to jedyny uznany sposób uzasadniania na gruncie matematyki. Lecz w matematyce funkcjonują znane i sławne przypuszczenia takie jak *hipoteza Riemanna*, których jak dotąd nie udało się udowodnić. Otóż niektórzy matematycy w takich przypadkach optują za możliwością częściowego uzasad-

niania takich hipotez przy pomocy komputerów. Nie chodzi mi w tym momencie o tzw. dowody komputerowe, gdyż jest to odrębne zagadnienie związane z wykorzystaniem narzędzi pozamatematycznych²² do dowodzenia twierdzeń matematycznych, lecz o proste obliczeniowe wykorzystanie komputerów.

Hipoteza Riemanna dotyczy dotyczącej położenia liczb z na płaszczyźnie zespolonej, dla których funkcja ζ (*zeta Riemanna*) jest równa zeru (czyli pierwiastków tego równania). Hipoteza Riemanna posiada wiele ważnych konsekwencji w teorii liczb pierwszych.²³ Gdyby, jak sądził Riemann, wszystkie pierwiastki rozważanej funkcji miały część rzeczywistą równą $1/2$, to fakt ten miałby kapitalne znaczenie dla twierdzeń dotyczących rozkładu liczb pierwszych. Sprawdzone rachunkiem, że pierwsze 70 milionów zer zespolonych funkcji ζ leży na prostej $x = 1/2$ ²⁴ oraz jak na razie nie znaleziono kontrprzykładu²⁵ co jest według Putnama²⁶ dobrym powodem by uznać, że zweryfikowaliśmy hipotezę Riemanna za pomocą metody quasi-empirycznej. Analogiczna sytuacja dotyczy tzw. *hipotezy Goldbacha: każda liczba naturalna parzysta większa od 2 jest sumą dwóch liczb pierwszych*. Pomimo tego, że wielu współczesnych matematyków uważa, że hipoteza ta jest prawdziwa — wydaje się, że duże liczby parzyste są łatwiejsze do przedstawienia w postaci sumy dwóch liczb pierwszych — nadal nie została ona udowodniona. Ale przy użyciu komputerów udało się potwierdzić ją dla ogromnej ilości liczb (mniejszych od 4×10^{17}), co dla „wierzących” matematyków jest dostatecznym powodem by hipotezie tej zaufać i stosować w badaniach matematycznych.

Jak widać, w trudnych przypadkach uczeni starają się stosować niestandardowe procedury, które mają na celu uprawdopodobnić tezy, których nie sposób uzasadnić przy pomocy uznanych, w danej dziedzinie, metod. Jest to taktyka umożliwiająca twórcze rozwijanie teorii wykraczające daleko w przyszłość, poza standardy wyznawane obecnie w danej dziedzinie. Warto jednak zauważyć, iż uczeni postępując w ten sposób niekoniecznie porzucają zasady konstytuujące daną naukę a jedynie odsuwają w przyszłość możliwość „poprawnego” uzasadniania niekonwencjonalnych tez. Perspektywa osiągnięcia celu w przyszłości i optymistyczna nadzieja są czynnikami podtrzymującymi ich zapał naukowy.

Wróćmy do Dawida i teorii strun, w odniesieniu do której budował on swoją koncepcję nieempirycznej teorii confirmacji. Jak rozumiem jego pro-

²² Na przykład: budowa komputerów, tworzenie i sprawdzanie oprogramowania, zaufanie do techniki i technologii wytwarzania procesorów.

²³ J. Górnicki, *Okruchy matematyki*, Warszawa 1995, Wyd. PWN, s. 170–171.

²⁴ P. J. Davis, R. Hersh, *Świat matematyki*, przeł. Roman Duda, Wyd. PWN, Warszawa 1994, s. 316.

²⁵ Ibidem, s. 316.

²⁶ Por. H. Putman, *What Is Mathematical Truth?* w: ibidem, *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge University Press 1979, s. 62.

pozycja ma być jedynie „protezą” pozwalającą utrzymać „na powierzchni” badań naukowych teorię, dla której obecnie nie można oczekiwać empirycznego potwierdzenia. Jednak – jak sądzę – Dawid chętnie powitałby choćby cień szansy na powstanie możliwości testu empirycznego dla teorii strun w dalszej perspektywie. Historia rozwoju ludzkości ilustrująca banalną prawdę, że przeszłość nauki i postępu cywilizacyjnego jest nieprzewidywalna, może być podstawą do „racjonalnej wiary”, że jest to niewykluczone. Gdyby testy empiryczne przemawiałyby za tym by odrzucić teorię strun, jak to wcześniej było na przykład z teorią stanu stacjonarnego,²⁷ czy programem bootstrapu,²⁸ pozostałaby Dawidowi satysfakcja, że teoria strun była jednak teorią naukową.

BIBLIOGRAFIA

- R. Dawid, *String Theory and the Scientific Method*, Cambridge University Press, Cambridge 2013.
- P. J. Davis, R. Hersh, *Świat matematyki*, przeł. Roman Duda, Wyd. PWN, Warszawa 1994, s. 316.
- P. Feyerabend w: *Jak być dobrym empirystą?* przeł. K. Zamiara, PWN, Warszawa 1979.
- J. Górnicki, *Okruchy matematyki*, Wyd. PWN, Warszawa 1995.
- J. Horgan, *Koniec nauki, czyli o granicach wiedzy u schyłku ery naukowej*, przeł. M. Tempczyk, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 1999.
- H. Kragh, Testability and Epistemic Shifts in Modern Cosmology; http://philsci-archive.pitt.edu/9294/1/SHPMP_PhilSci.pdf, § 4.
- H. Kragh, *Wielkie spekulacje. Teorie i nieudane rewolucje w fizyce i kosmologii*, przeł. T. Lanczewski, Wyd. Copernicus Center, Kraków, § 5.
- R. Matthews, *Do We Need to Change the Definition of Science?* *New Scientist*, May 2008; <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg19826551.700&print=true>.
- H. Putman, *What Is Mathematical Truth?* w: IDEM, *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge University Press 1979.
- L. Smolin, *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, The Fall of a Science and What Comes Next*, Mariner Books edition, New York 2007.
- L. Susskind, *The cosmic landscape: string theory and the illusion of intelligent design*. Little, Brown and Company, New York, 2006.
- M. Tegmark, *Nasz matematyczny wszechświat. W poszukiwaniu prawdziwej natury rzeczywistości*, przeł. B. Bieniok i E. Łokas, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2015.
- R. Trotta, *Bayes in the Sky: Bayesian Inference and Model Selection in Cosmology*, *Contemporary Physics*, 49, s. 71 – 104. (<http://www.arxiv.org/abs/0803.4089v1>)
- P. Woit, *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search for Unity in Physical Law*, Basic Group, New York 2007.

²⁷ Por. H. Kragh, *Wielkie spekulacje. Teorie i nieudane rewolucje w fizyce i kosmologii*, przeł. T. Lanczewski, Wyd. Copernicus Center, Kraków, § 5.

²⁸ Ibidem, § 6.

**IS THERE A CHANGE IN THE CRITERIA OF BEING A SCIENCE
IN CONTEMPORARY PHYSICS?**

ABSTRACT

The contemporary physical and cosmological theories confront philosophers and methodologists with a problem of scientific character of the considered ideas. It is mainly connected with the issue of their empirical testing. We know that many conceptions of contemporary physics, such as the conceptions of superstrings or of multiverse, have not been confirmed by even a single observation or experiment. In this situation there appear attempts to “weaken” methodological requirements imposed on theories to consider them as scientific after all. The challenge that physicists, philosophers and methodologists face is to attempt to define a feasible, possible to perform, non-empirical verification procedure in the case when these theories postulate the existence of basically non-observable areas of reality.

Keywords: testability; falsifiability; demarcation criteria; Popper; Bayesian methods; non-empirical theory confirmation.

O AUTORZE — dr hab., profesor UG, Zakład Logiki, Filozofii Nauki i Epistemologii
Instytut Filozofii, Socjologii i Dziennikarstwa Uniwersytetu Gdańskiego, Jana Bażyńskiego
8, 80-309 Gdańsk

E-mail: Jarosław Mrozek <filjam@ug.edu.pl> (filjam@ug.edu.pl)