

Damian Luty

Uniwersytet Adama Mickiewicza
w Poznaniu

Adam Mickiewicz University
in Poznań

RDZENIE STRUKTURALNYCH ONTOLOGII CZASOPRZESTRZENI – ANALIZA I KRYTYKA

Cores of Spacetime Structural Ontologies – Analysis and Critique

Słowa kluczowe: strukturalizm, czasoprzestrzeń, ogólna teoria względności.

Key words: structuralism, spacetime, general relativity.

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję analizy rdzeni stanowisk strukturalistycznych, w których interpretuje się ontologicznie ogólnorelatywistyczne czasoprzestrzenie. Określono również pojęcie skuteczności tych rdzeni. Skuteczność rdzeni została uznana za podstawę do oceny omawianych stanowisk. Omówiono cztery stanowiska z zakresu ontologicznego strukturalizmu czasoprzestrzennego, a każde z nich skrytykowano z perspektywy skuteczności ich rdzeni. Postawiono tezę, że omawiane rdzenie posiadają ograniczoną skuteczność oraz sformułowano postulat syntezy między wyłonionymi rdzeniami (lub przynajmniej ich aspektami). Na końcu wskazano sugestie dotyczące możliwych prób dokonania wspomnianej syntezy.

Abstract

A discussion of ontological interpretations of spacetimes in General Relativity in the context of structuralistic accounts is presented. I describe what I understand under the term “core-effectiveness”. I take core-effectiveness as the basis for evaluating structural, ontological positions. I state a thesis that the cores of some important positions are limited and I postulate a synthesis between the cores (or at least between some of their aspects). I elaborate four ontological spacetime structuralisms. Each is criticised in the context of its core-effectiveness. I sum up with suggesting some possibilities of carrying out the mentioned synthesis between the cores.

Wstęp

Wraz z uzupełnieniem epistemologicznego nurtu w strukturalistycznej refleksji nad nauką¹ o tezy ontologiczne² zaczęto w ramach określonych stanowisk interpretować treści teorii naukowych w sposób czysto metafizyczny. Pragnę krytycznie zrekonstruować cztery stanowiska będące ontologicznymi³ i strukturalistycznymi interpretacjami czasoprzestrzeni ogólnorelatywistycznych. Analizować będą propozycje Frencha, Dorato, Esfelda/Lama i Ricklesa. Są to jedyne znane mi zarazem strukturalistyczne, jak i *ontologicznie* rozwinięte podejścia do czasoprzestrzeni. Zamierzam pokazać, że każde z opisywanych stanowisk posiada swój rdzeń (nazwy rdzeni będą zarazem tytułami części w niniejszym tekście). Przez „rdzeń” rozumiem tutaj tematyzację określonego zagadnienia (czy własności) interpretowanej teorii fizycznej (w naszym przypadku – ogólnej teorii względności: OTW). Na takim zagadnieniu/własności teorii spoczywa ustalenie w danym stanowisku strukturalistycznym *strukturalnego sposobu istnienia* czasoprzestrzeni. Jednoznaczne wskazanie takiego rdzenia (czy rdzeni) wydaje się nieodzowne w przypadku metafizycznych interpretacji teorii naukowych, ponieważ umożliwia ocenę, czy w budowanym stanowisku metafizycznym dochodzi do nadużyć, czy przekłamań w odniesieniu do interpretowanej teorii.

Uważam, że można daną propozycję oceniać ze względu na skuteczność jej rdzenia. Rozumiem przez to odporność stanowiska na krytykę z perspektywy innych elementów interpretowanej teorii. Inaczej: nietematyzowane w danym stanowisku elementy interpretowanej teorii nie podważają zasadności stosowania wybranego rdzenia. Stawiam tezę, że przynajmniej w tych prezentowanych przeze mnie ontologicznych strukturalizmach czasoprzestrzennych występują pojedyncze rdzenie generujące (1) sytuację, w której interpretowana teoria wspiera dwie wzajemnie niespójne interpretacje metafizyczne, (2) sytuację, w której dane stanowisko z określonym rdzeniem można krytykować z perspektywy innego elementu/aspektu interpretowanej teorii. Proponowaną analizę i wyprowadzone wnioski traktuję jako ewaluację nowszych stanowisk w sprawie ontologicznego statusu czasoprzestrzeni, a przedstawiona krytyka, wyodrębnienie rdzeni i sugerowana próba ich syntezy mogą być uznane za odpowiedź na problemy i ograniczenia, z jakimi te stanowiska się borykają przy jednoczesnym niepodważaniu zasadności podstawowych pomysłów za tymi stanowiskami stojącymi.

¹ Zob. B. Russell, *Analysis of Matter*, Spokesman Books, Nottingham 2007; H. Poincaré, *Science and Hypothesis*, The Walter Scott Publishing Co., New York 1905; A. Eddington, *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge University Press, Cambridge 1930.

² S. French, J. Ladyman, *Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure*, „Synthese” 2003, nr 136, s. 31–56.

³ Pojęcia „ontologia” i „metafizyka” traktuję właściwie zamiennie – celem uproszczenia wywodu.

Ogólna kowariancja

W pierwszej kolejności mielibyśmy taki strukturalizm czasoprzestrzenny, który za swój rdzeń przyjmuje własność OTW zwaną ogólną współzmienniczością (kowariancją). Własność ta koduje określone przekształcenia, nazywane transformacjami dyfeomorficznymi⁴. Rozróżnia się dyfeomorfizmy aktywne i pasywne. Do tych pierwszych przywiązano szczególną wagę na gruncie filozoficznej refleksji nad czasoprzestrzenią. Przybliżę ogólną kowariancję, posługując się przykładem dotyczącym dyfeomorfizmów. Na podstawie dyfeomorfizmów aktywnych John Earman i John Norton sformułowali tzw. argument dziury w odniesieniu do statusu ontologicznego czasoprzestrzeni (dokładniej – punktów czasoprzestrzennych)⁵. Pomijając złożoną (pre)historię tego argumentu⁶, został on sformułowany w języku teoriomodelowego podejścia do teorii naukowych i miał służyć jako podstawa do obalenia substancjalizmu czasoprzestrzennego, rozumianego za Michaeliem Friedmanem⁷ w taki sposób, że czasoprzestrzeń posiada ontologiczną autonomię i daje się wskazać reprezentację czasoprzestrzeni w OTW taką, że jest ta reprezentacja pojedynczym obiektem matematycznym: czterowymiarową różniczkową M (czyli pewnym niepustym zbiorem punktów czasoprzestrzennych).

Upraszczając, argument dziury w postaci danej przez Earmana i Nortona wygląda następująco. Niech $\langle M, g \rangle$ będzie typowym modelem czasoprzestrzeni, w którym M oznacza różniczkową czasoprzestrzeń, zaś g metrykę nakładaną na różniczkę. Teraz, gdy mamy daną transformację h , tzw. transformację dyfeomorficzną (dyfeomorfizm), to dwa modele G i G^* opisujące sytuację fizyczną na gruncie OTW powinny być tożsame, jeżeli składowe tychże modeli mają odpowiednio postać $\langle M, g \rangle$ i $\langle M, h^*g \rangle$. Dyfeomorfizmy określają to, co w OTW liczy się jako fizyczne, tj. wskazują to, co jest niezależne od konkretnego modelu, a co jest wspólne wielu modelom. W OTW to, co fizyczne, może być związane tylko z metryką g , ponieważ to ona definiuje, jak w ogóle można dokonywać pomiarów w określonym kontekście. Od razu widać, że M i związany z nią rozkład punktów nie powinny odgrywać żadnej roli – gdyby tak było, to sytuacje

⁴ R.M. Wald, *General Relativity*, University of Chicago Press, Chicago 1984.

⁵ J. Earman, J.D. Norton, *What Price Spacetime Substantivalism*, "British Journal for the Philosophy of Science" 1987, nr 38, s. 515–525.

⁶ Pierwotnie wytoczonego w innej formie przez Alberta Einsteina przeciwko ogólnej kowariancji, a następnie przezeń odrzuconego ze względu na tzw. argument z korelacji punktów (*point coincidences*), por. M. Giovanelli, *Erich Kretschmann as a Proto-Empiricist: Adventures and Misadventures of the Point-Coincidence Argument*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 2013, nr 44, s. 115–134.

⁷ M. Friedman, *Foundations of Space-Time Theories*, Princeton University Press, Princeton 1983.

fizyczne zależałyby od niezależnego od metryki składnika modelu, a ten składnik jest z definicji nieokreślony poznawczo bez metryki. Istotnie, Earman i Norton przyjmują w pewnej postaci zasadę tożsamości nieodróżnialnych Leibniza i głoszą, że postulowanie różnicy, wobec której nie ma środków, aby ją obserwacyjnie stwierdzić, jest nieuzasadnione. Modele mogą mieć różne rozłożenie punktów czasoprzestrzennych w M , ale jedynie na podstawie metryki może zdefiniować, co w ogóle jest obserwowalne w OTW. Okazuje się, że dla pojedynczego modelu, M jest jedynie elementem opisu tego modelu. Pod transformacjami dyfeomorficznymi modele różnią się od siebie jedynie matematycznym opisem danej sytuacji fizycznej, ale zawsze jest to ta sama sytuacja. „Zawartość” opisu sytuacji fizycznej wyczerpuje się w klasie równoważności modeli, a nie po prostu w pojedynczym modelu wyodrębnionym z takiej klasy.

Przy przyjęciu charakterystyki substancjalizmu, jaką przedstawiłem w poprzednim paragrafie, tj. przez niezależność różnorodności czasoprzestrzennej, każdy model reprezentowałby odrębną sytuację fizyczną, podczas gdy matematycznie rozłożenie punktów czasoprzestrzeni nie powinno o tym decydować. Earman i Norton dalej demonstrują, że taka substancjalistyczna metafizyka prowadzi do załamania się determinizmu w OTW, ale szczegóły tutaj pominię.

Interpretacja strukturalistyczna, mająca za rdzeń zagadnienie ogólnej kowariancji (transformacji dyfeomorficznych), może zostać przeprowadzona na dwa sposoby. Po pierwsze, można całkowicie odrzucić istnienie punktów czasoprzestrzennych (rozumianych jako swego rodzaju „obiekty”) i uznać, że czasoprzestrzeń istnieje jako układ fizycznych i samodzielnych *relacji*, wyznaczonych ściśle przez dynamiczne pole metryczne g , z którym w OTW nierozzerwalnie związana jest ogólna kowariancja. Po drugie, można zachować ontologicznie punkty czasoprzestrzenne, ale w zrewidowanej wersji – jako „cienkie” obiekty⁸, pozbawione *haecceitas*⁹, czyli takiej własności wewnętrznej, która stanowi „zasadę indywidualności” obiektów – w naszym przypadku: punktów czasoprzestrzeni¹⁰. Punkty czasoprzestrzenne w tym drugim podejściu są zatem indywidualowane, ale wtórnie, zewnętrznie i wyłącznie kontekstowo – w zależności od pola metrycznego. Pierwsza wersja byłaby wersją eliminacyjną, druga – nieeliminacyjną¹¹. Czasoprzestrzeń nie istnieje na sposób relacjonistyczny, tj. nie zachodzi

⁸ J. Ladyman, D. Ross, *Every Thing Must Go*, Oxford University Press, New York 2007.

⁹ P. Teller, *Substance, Relations, and Arguments about the Nature of Space-Time*, „Philosophical Review” 1991, nr 100, s. 363–397.

¹⁰ Punkty czasoprzestrzeni, rzecz jasna, interpretowane są jako czterowymiarowe zdarzenia. Rozumienie punktów jako obiektów powiązane jest z mówieniem o ich odrębności i indywidualności, nie z traktowaniem ich jako trójwymiarowych przedmiotów.

¹¹ A. Chakravarty, *Ontological Priority: The Conceptual Basis of Non-eliminative, Ontic Structural Realism*, (w:) E.M. Landry, D.P. Rickles (red.), *Structural Realism*, Springer, Dordrecht 2012, s. 187–206.

superweniencja humowska¹², ani na sposób substancjalistyczny, gdzie różnaitość czasoprzestrzenna M mogłaby być wyróżniona z metafizycznych pobudek.

John Stachel¹³ (reprezentujący stanowisko tzw. dynamicznego strukturalizmu) przyjmuje podejście nieeliminacyjne¹⁴. Próbuje zachować punkty czasoprzestrzeni w takiej postaci, że istnieją one o tyle, o ile są dane jednocześnie z relacjami: nie posiadają żadnej *haecceitas*, nie są zatem dobrze określonymi, samodzielnymi substancjami. W ten sposób argument dziury wydaje się być rozbrojony: bez pierwotnie wyindywiduowanych punktów (pewnych obiektów) nie daje się argumentu dziury w ogóle sformułować. Stachel stara się w pewnym sensie zachować zarówno relacje, jak i punkty czasoprzestrzenne (przy zastrzeżeniu, że ich indywiduacja nie jest samodzielna). Nadrzędnym zadaniem jest uniknięcie argumentu dziury, który – przypomnę – można sformułować wówczas, gdy fizyczną rolę przypisuje się pierwotnemu ukonstytuowaniu punktów czasoprzestrzeni. Zarazem jest tak, że można pokazać, iż da się ten argument sformułować dla bardzo wielu różnych formalizmów¹⁵. Nie powinno to jednak dziwić, ponieważ argument dziury bazuje na czysto formalnej własności (aparatu matematycznego). Można zatem podważać zasadność tego, czy dyfeomorfizmy ostatecznie pełnią fundamentalną *fizycznie* rolę, co jest jednak ryzykownym zagranieniem¹⁶. Alternatywnie, można podejmować próby wskazania takiego formalizmu OTW, który jest „lepszy”, uzasadniając w różny sposób, dlaczego dane sformułowanie jednak blokuje argument dziury. Z tej drugiej możliwości Stachel korzysta – jego zdaniem takim wyróżnionym formalizmem dla OTW jest formalizm

¹² Tj. nie jest redukowalna do materialnego pola grawitacyjnego, por. D. Lewis, *Humean Supervenience Debugged*, “Mind” 1994, nr 103, s. 473–490.

¹³ J. Stachel, *The Hole Argument and Some Physical and Philosophical Implications*, “Living Reviews in Relativity”, 2014, nr 17, [online] <www.livingreviews.org/lrr-2014-1> (dostęp: 20.12.2015).

¹⁴ Sam Stachel nie używa on terminu „nieeliminacyjny” w odniesieniu do swojego strukturalizmu, ale jego propozycja jest całkowicie zgodna z sensem określenia „strukturalizmu nieeliminacyjnego”, tj. zachowania zarówno punktów (w pewnej postaci), jak i relacji (ich sieci tworzącej strukturę).

¹⁵ M. Iftime, J. Stachel, *The Hole Argument for Covariant Theories*, “General Relativity and Gravitation” 2006, nr 38, s. 1241–1252.

¹⁶ To, czy ogólna kowariancja (transformacje dyfeomorficzne) ma fizyczne znaczenie, było dyskutowane od samych początków OTW – por. współczesne głosy i rekonstrukcje w tej sprawie: J. Norton, *General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of dispute*, “Reports of Progress in Physics” 1993, nr 56, s. 791–858; O. Pooley, *Substantive General Covariance: Another Decade of Dispute*, (w:) M. Suarez (red.), *EPSA Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association*, Springer, Dordrecht 2010, s. 197–210. Można twierdzić, że dyfeomorfizmy nie tyle mają fizyczne znaczenie, co na poziomie aparatu matematycznego blokują przypisywanie niedynamicznym elementom teorii rzeczywistości fizycznej. W praktyce fizyków relatywistycznych, rzecz jasna, wykorzystuje się takie modele, które zawierają elementy niedynamiczne – ale to już kieruje na problemy związane ze stosowaniem procedur idealizacyjnych w nauce.

wiązek włóknistych. Uważam, że preferowanie jednego formalizmu nad drugim w kontekście OTW jest chybione, ponieważ prowadzi do następującego dylematu: albo należy zrezygnować z postulatu równoważności wszystkich sformułowań OTW¹⁷, albo zrezygnować z roli dyfeomorfizmów w formułowaniu strukturalistycznej interpretacji czasoprzestrzeni relatywistycznej w OTW. Dylemat ten jest kłopotliwy, ponieważ Stachel nie mógłby zgodzić się na drugą opcję, zaś wyróżnianie danego sformułowania OTW jest nieuzasadnione samą teorią.

Steven French¹⁸ natomiast, ze względu na uwikłanie w stanowisko ontycznego realizmu strukturalnego (*ontic structural realism*: OSR – nurt filozoficzny, do którego Stachel nie należy), dąży do całkowitego wyeliminowania punktów. Bierze się to z centralnej tezy pojawiającej się w OSR – głosi ona nieistnienie indywidualnych obiektów i ontologiczny prymat struktur. Istnieją jednakże problemy związane z filozoficznym uzasadnieniem braku indywidualności punktów czasoprzestrzennych. W przypadku argumentu dziury Earman i Norton uznali, że dyfeomorfizmy kompatybilne są z Leibniza zasadą identyczności tego, co nieodróżnialne. Po pierwsze, zasada ta w kontekście ontologii czasoprzestrzeni nie jest jedyną możliwą, a po drugie argumentowano, że poglądu o indywidualności punktów niezależnie od pola metrycznego żaden substancjalista tak naprawdę nie uznaje¹⁹. Można w kontekście filozofii czasoprzestrzeni przedstawić inną koncepcję odróżnialności punktów, opartą na omawianych już „cienkich” obiektach. Odróżnialność dla takich obiektów byłaby „słaba”, tj. relacje między nimi byłyby symetryczne, ale niezwrótne²⁰. Takie podejście nie podważa ogólnej kowariancji, a zarazem jest kompatybilne z pewnymi wersjami substancjalizmu (tzw. wyrafinowego), którego przykładową formą jest chociażby omówione powyżej stanowisko Stachela; okazuje się ono strukturalistyczną korektą substancjalizmu. Nieeliminacyjne podejścia również unikają konsekwencji argumentu dziury. W rezultacie rozróżnienie na eliminacyjne i nieeliminacyjne strukturalistyczne ontologie czasoprzestrzeni rozmywa się i staje się trywialne, skoro na podstawie interpretowanej teorii fizycznej (OTW) nie jesteśmy w stanie dokonać między

¹⁷ Równoważność sformułowań OTW jest ważna z bardzo prostego powodu – sformułowania te są jedynie pewnym matematycznym opisem kluczowych twierdzeń fizycznych w teorii. Te twierdzenia są fundamentalne i jedynie wyrażenie ich w różnych aparatach matematycznych nie powinno niczego do nich dodawać. Właściwa treść fizyczna jest wspólna wszystkim sformułowaniom. Tym bardziej kłopotliwe jest, kiedy z pobudek *metafizycznych* mielibyśmy wyróżniać jedno sformułowanie.

¹⁸ S. French, *Getting Out of a Hole: Identity, Individuality and Structuralism in Spacetime Physics*, „Philosophica” 2001, nr 67, s. 11–29.

¹⁹ T. Maudlin, *Buckets of Water and Waves of Space: Why Space-Time Is Probably a Substance*, „Philosophy of Science” 1993, nr 60, s. 183–203.

²⁰ S. Saunders, *Indiscernibles, General Covariance, and Other Symmetries: The Case for Non-Reductive Relationalism*, (w:) J. Renn, L. Divarci, P. Schroter (red.), *Revisiting the Foundations of Relativistic Physics*, Springer, Dordrecht 2003, s. 151–174.

nimi istotnego rozróżnienia, tj. teoria wspiera obie interpretacje. Wydaje się zatem, że rdzeń w postaci ogólnej kowariancji (i związanych z nią transformacjami dyfeomorficznymi i argumentem dziury) nie jest dostatecznie skuteczny.

Antydualizm

W kolejnym stanowisku za rdzeń należałoby, jak twierdzą, rozpatrywać jedność pola grawitacyjnego i geometrii czasoprzestrzeni, co chciałbym nazywać „antydualizmem”. Nazywane to jest również w literaturze „podwójną naturą pola grawitacyjnego”.

Pierwotnie antydualizm wbudowany jedynie był w nastawienie krytyczne wobec sporu o status ontologiczny czasoprzestrzeni. Starano się pokazać, że zarówno substancjalistyczne, jak i relacjonistyczne stanowiska są źle sformułowane, ponieważ bazują na rozróżnieniu na „pojemnik” i jego „zawartość”, które to rozróżnienie zwyczajnie nie odnosi się do kontekstu relatywistycznej fizyki grawitacji. Nie jest tak, że w OTW czasoprzestrzeń jest jakkolwiek niezależna od materialnej zawartości świata (jak mieliby chcieć „klasycy” substancjaliści traktujący czasoprzestrzeń jako „pojemnik” na zdarzenia fizyczne) ani tak, że geometria czasoprzestrzeni jest emergentna z konfiguracji materii, a więc pochodna wobec materialnych składników świata (jak mieliby chcieć relacjoniści). Wynika to, po pierwsze, ze sformułowania wzajemnej zależności między rozkładem materii we Wszechświecie a geometrią czasoprzestrzeni wyrażonej w równaniach pola Einsteina (EFE). EFE zasadniczo komplementarne są z wieloma interpretacjami dotyczącymi ontologicznej pierwotności czy to czasoprzestrzeni, czy to ciał/ pól fizycznych. Dzieje się tak m.in. dlatego, że OTW jest w dużej mierze przede wszystkim teorią pomiarową – w rezultacie sytuacje fizyczne, które można modelować za jej pomocą, są bardzo różne i mogą wydawać się mieć inne tła²¹. Jest bowiem nieskończenie wiele rozwiązań EFE, a te nam znane dają bardzo różne modele.

Mauro Dorato²², próbując zaprezentować już nie tylko stanowisko krytyczne, wychodzi od dostrzeżenia impasu, w jaki zabrnęła dyskusja substancjalistów

²¹ Przykładowo, formułowanie praw powinno respektować ogólną kowariancję, czyli spełniać wymóg nieuwzględniania niedynamicznych elementów (mowa tu o trochę innym rozumieniu ogólnej kowariancji niż w przypadku argumentu dziury; tu mówimy o formułowaniu praw). Z drugiej strony, pierwsze ogólnorelatywistyczne modele gwiazd wykorzystywały maksymalną sferyczność – mowa o modelu Schwarzschilda, stosowanym podczas dokonywania pierwszych efektywnych obserwacji na podstawie OTW w 1919 r. Badanie z perspektywy OTW systemów fizycznych, takich jak układy słoneczne, również wiąże się z narzucaniem na czasoprzestrzenie z OTW takich warunków brzegowych, które pozwalają na obniżenie dynamiczności teorii i sztuczne wyróżnianie pewnych układów odniesienia w celu znalezienia jednoznacznych rozwiązań równań ruchu dla lokalnych układów.

²² M. Dorato, *Substantivalism, Relationism, and Structural Spacetime Realism*, “Foundations of Physics” 2000, nr 30, s. 1605–1628.

z relacjonistami. Jedni i drudzy mogą wykorzystać argumentacyjnie te same elementy, co sprawia, że spór jest czysto słowny²³. Zarazem jest tak, że Dorato dostrzega rację w obronie substancjalizmu przeprowadzonej przez Tima Maudlina, który zauważa, że kryzys substancjalizmu, do którego miał doprowadzić argument dziury, jest pozorny, ponieważ przypisanie przez Earmana i Nortona substancjalistom poglądu o niezależnej indywiduacji punktów czasoprzestrzeni było nieuprawnione²⁴. Nie jest jednak tak, twierdzi Dorato, że da się czasoprzestrzeń traktować substancjalnie, tzn. przyjąć samodzielne istnienie czasoprzestrzeni. Dorato uznaje, że chociaż nie da się w kontekście OTW mówić rozdzielnie o polu grawitacyjnym i geometrii czasoprzestrzeni, to fizyczne znaczenie ma jedynie pole, które *posiada* pewną geometrię, a ta jest niczym innym jak czasoprzestrzenią. Tym samym czasoprzestrzeń zostaje ujęta w kategoriach metafizycznych jako specyficzną własność pola grawitacyjnego i w tym sensie stanowi z nim jedność. Dla Dorato własność ta ma przede wszystkim pierwszorzędne znaczenie eksplanacyjne. Pole grawitacyjne „przejawia” określoną strukturę – strukturę czasoprzestrzenną – i nie powinno się, po części z pragmatycznych pobudek, rezygnować z zachowania czasoprzestrzeni jako fizycznej rzeczywistości. Czasoprzestrzeń bowiem, jako własność pola grawitacyjnego, pozwala je strukturyzować, czyli jest tym, co *umożliwia* skonstruowanie jednoznacznej teorii pomiaru dla obserwacji zjawisk grawitacyjnych.

Argument z niezbywalności czasoprzestrzeni ze względu na skuteczność eksplanacyjną jest nie do końca trafny, ponieważ, po pierwsze, nie wiadomo, dlaczego miałyby to oznaczać, że czasoprzestrzeń jest własnością, po drugie, eksplanacyjne znaczenie czasoprzestrzeni może także być przeformułowane na argument za jej ontologiczną autonomią (jako nieobserwowalny byt postulowany przez naukę, bez którego dane empiryczne nie mają sensu i który tłumaczy, dlaczego obserwowane zjawiska są takie, a nie inne – idzie o to, że mamy tu niebezpieczeństwo zarzutu o *naiwny* realizm teoriopoznawczy). Dokładnie przeciwko takim poglądom wystąpili chociażby Graham Nerlich²⁵ czy Harvey Brown i Oliver Pooley²⁶. Nerlich sądził, że czasoprzestrzeń nie służy wyjaśnianiu, tylko jest połączona

²³ EFE posiadają tzw. rozwiązania z próżnią, tj. bez „zwykłych” materialnych składników świata – substancjaliści mogą potraktować to jako uzasadnienie samodzielnego istnienia czasoprzestrzeni, relacjoniści natomiast mogą stwierdzić, że rozwiązania te dotyczą czystego pola grawitacyjnego.

²⁴ Jednakże propozycja Maudlina była krytykowana za to, że na podstawie apriorycznych argumentów uzasadnia się w niej, dlaczego powinniśmy zawęzić klasę dopuszczalnych fizycznie modeli OTW – co jest zupełnie nieintuicyjne z perspektywy fizyki relatywistycznej. Zob. A. Bartels, *Modern Essentialism and the Problem of Individuation of Spacetime Points*, „Erkenntnis”, 1996, nr 45, s. 25–46, gdzie Bartels przedstawia istotne usprawnienie metrycznego esencjalizmu.

²⁵ G. Nerlich, *Why Spacetime Is Not a Hidden Cause: A Realist Story*, (w:) V. Petkov (red.), *Space, Time, and Spacetime*, Springer, Berlin 2010, s. 181–192.

²⁶ H. Brown, O. Pooley, *Minkowski Space-Time: A Glorious Non-entity*, (w:) D. Dieks, *The Ontology of Spacetime Volume 1*, Elsevier, Amsterdam 2006, s. 67–89.

tożsamościowo z polem grawitacyjnym, co ma we właściwy sposób oddawać podwójną naturę pola grawitacyjnego. Adekwatnym argumentem powinien tu być argument typu identycznościowego, a nie z roli w wyjaśnianiu. Brown i Pooley twierdzą, że mówienie o czasoprzestrzeni jako o elemencie wyjaśniającym prowadzi do jej hipostazowania, podczas gdy zasadniczo ma ona charakter konstrukcyjny i wiąże się wyłącznie z modelami ważnymi w konkretnym kontekście badawczym, dla którego specyfikuje się chronogeometrię, czyli standardy pomiarowe. Czasoprzestrzeń, zdaniem Browna i Pooleya, przynależy właśnie do tego konstrukcyjnego porządku.

Uznanie, że czasoprzestrzeń jest własnością i zarazem przyznawanie jej eksplanacyjnego waloru prowokuje pytanie o to, czy nie wystarczające byłoby twierdzenie, że struktura czasoprzestrzeni pełni jedynie rolę strukturyzowania pola grawitacyjnego w sensie „definicji koordynujących”, jak w duchu Reichenbacha uważa Robert Disalle²⁷. Jeśli pole grawitacyjne jest po prostu *strukturyzowalne*, nie musi to oznaczać, że posiada strukturę jako swoją własność w jakimś ontologicznym sensie, tylko to, że można nadać operacyjny sens wielkościom konstruowanym geometrycznie w odniesieniu do tego pola.

Ze względu na powyższe uwagi można zauważyć, że skuteczność rdzenia stanowiska antydualistycznego strukturalizmu czasoprzestrzennego Dorato podlega podważeniu ze względu na takie elementy OTW, które umożliwiają interpretacje czysto identycznościowe, jak też czysto konstrukcyjne/operacyjne w odniesieniu do relacji między czasoprzestrzenią a polem grawitacyjnym.

Observable

Trzecim stanowiskiem, które chcę omówić, jest strukturalizm prezentowany przez Deana Ricklesa²⁸. Skupia się on przede wszystkim na sposobie, w jaki reprezentacje budowane w oparciu o OTW odnoszą się do świata, ale nie rozważa standardowych reprezentacji czasoprzestrzeni (w oparciu o obiekty geometryczne), tylko *autentyczne wielkości fizyczne*, tzw. observable, skonstruowane w ramach teorii. To observable właśnie stanowią rdzeń propozycji Ricklesa i czynią jego strukturalizm wyjątkowym – nie opiera się on na geometrycznej wersji OTW, tylko na algebraicznej.

Rickles wychodzi od sugestii Earmana²⁹ dotyczącej drogi, jaką można obrać, próbując wyjść z problemu argumentu dziury. Earman stwierdził, że ontologicz-

²⁷ R. Disalle, *Spacetime Theory as Physical Geometry*, „Erkenntnis” 1995, nr 42, s. 317–337.

²⁸ D.P. Rickles, *A New Spin on the Hole Argument*, „Studies in the History and Philosophy of Modern Physics” 2005, nr 36, s. 415–434; D.P. Rickles, *Time, Observables, and Structure*, (w:) E.M. Landry, D.P. Rickles (red.), op. cit., s. 135–148.

²⁹ J. Earman, *The Implications of General Covariance for the Ontology and Ideology of Spacetime*, (w:) D. Dieks (red.), op. cit., s. 3–24.

ną wagę powinno przywiązywać się do tego, co w tej teorii konstytuuje sens fizyczny całego wykorzystywanego aparatu formalnego i czymś takim dla Earmana są obserwable, czyli w OTW – wielkości niezmiennicze³⁰. O ile trudno jest mieć jednoznaczną koncepcję obserwabli³¹, to Earman uważa, że to właśnie obserwable powinniśmy postulować jako ontologię danej teorii. Twierdzi też, że nie ma w OTW substancji, które mogłyby być nośnikami własności – dlatego postuluje „trzecią kategorię metafizyczną”: wydarzenia zbieżnościowe (*coincidence occurrences*), których opisu jednakże nie rozbudowuje. To nic innego jak zbiór obserwabli, rozumiany jako ontologia teorii. Zdaniem Earmana, taka nowa kategoria jest potrzebna ze względu na niewydolność klasycznej metafizyki na gruncie OTW, a metafizyka skorygowana powinna uwzględnić sposób, w jaki wytwarza się w ramach danej teorii fizycznej samą sensowność fizyczną jej konceptów wyrażanych przecież w języku formalnym.

Rickles kontynuuje tę myśl o przypisywaniu obserwabliom ontologicznej roli. Earman odwoływał się do geometrycznego rozumienia wielkości niezmienniczych, Rickles natomiast korzysta z pewnej konkretnej koncepcji obserwabli przedstawionej przez Carla Rovelliego³², mianowicie koncepcji obserwabli zupełnych i cząstkowych. Koncepcja ta, mówiąc upraszczająco, polega na tym, że obserwable cząstkowe posiadają wartości zależne od wyboru przyrządów pomiarowych i definicji, natomiast wartości³³ obserwabli zupełnych mogą być jednoznacznie przewidziane na podstawie teorii fizycznej, są złożeniami obserwabli cząstkowych. Rovelli podaje przykład bezpośrednio z OTW: wykorzystanie GPS opiera się na złożeniu z wartości obserwabli cząstkowych, pozyskanych z odpowiednio skalibrowanych satelit, obserwabli zupełnej, której zmieniającą się wartość można przewidywać już dalej wyłącznie na podstawie teorii. Z relacji między obserwabliami cząstkowymi można uzyskać informację o położeniu czy o przewidywanym czasie.

Rickles uważa, że do świata fizycznego odnoszą się w OTW jedynie obserwable zupełne, ze względu na rolę ogólnej kowariancji w ustalaniu w ramach OTW, co liczy się w niej jako treść fizyczna. Nie odnosimy, mówiąc językiem Rovelliego, obserwabli cząstkowych do świata (te są bowiem zaledwie konwencjonalne), ale zbudowane z nich obserwable zupełne. Tym samym jedynie sięć

³⁰ Klasycznymi niezmiennikami w fizyce relatywistycznej są interwały czasoprzestrzenne, zawsze mające charakter relacyjny – i w szczególnej, i w ogólnej teorii.

³¹ Wiadomo, że są przynajmniej dwie koncepcje obserwabli stosowalne w OTW – wspomniane powyżej klasyczne podejście z interwałami albo podejście Diraca bazujące na uznaniu dyfeomorfizmów za grupy transformacji wylaniających niezmienniki.

³² C. Rovelli, *Partial Observables*, 2002, [online] <<http://arxiv.org/pdf/gr-qc/0110035v3.pdf>> (dostęp: 20.12.2015).

³³ W przypadku klasycznych teorii fizycznych będą to konkretne wartości, w przypadku teorii kwantowych – rozkład prawdopodobieństwa.

związków między obserwabliami cząstkowymi ma „autentyczny” sens fizyczny. Ta sieć związków to właśnie struktura o którą chodzi Ricklesowi, stąd nazywanie jego koncepcji strukturalizmem. Podstawowa trudność polega jednak na tym, że nie da się jednoznacznie wskazać, którą koncepcję obserwabli powinniśmy preferować. Ta wzięta od Rovelliego bynajmniej nie jest standardowa. Nie ma środków, aby rozstrzygnąć, która koncepcja obserwabli byłaby najtrafniejsza – koncepcja Diraca obarczona jest pewnymi trudnościami³⁴, koncepcja Bergmana-Komara zdaje się przypisywać fizyczne znaczenie elementom aparatu OTW, które powinny mieć charakter wyłącznie matematyczny³⁵. Koncepcja Rovelliego posiada zalety w odniesieniu do kilku problemów, które trafiły koncepcję standardową³⁶, jednakże zdaje się, że ostatecznie trudno jest potraktować obserwabli pełne jako coś rzeczywiście odmiennego na gruncie OTW³⁷ od obserwabli rozumianych po prostu jako niezmienniki. Co więcej, sam Rovelli zaznacza, że rozwiązywanie równań ruchu dla obserwabli zupełnych w wielu przypadkach może nie być wykonalne! Sugeruje to, że być może treść fizyczna wyrażana w danej teorii fizycznej przez wskazanie wewnątrzteoretycznych sposobów konstrukcji autentycznych wielkości fizycznych nie jest wystarczająca do przewidywania wartości obserwabli zupełnych. Być może należy osadzić procedury ustalania tych wartości w konkretnym kontekście badawczym, tj. w modelu, a nie w pojętej „niezależnie” teorii. Dlatego w przypadku propozycji Ricklesa mówienie o strukturalnej referencji do świata i łączenie z tym czysto metafizycznych interpretacji byłoby koniec końców niebezpieczne³⁸. Skuteczność rdzenia ograniczona zostaje przez rozdarcie między różnymi koncepcjami obserwabli, z których jedne pozwalają snuć interpretacje dotyczące samej teorii i jej „ontologicz-

³⁴ Przykładowo, zarzutem stawianym podejściu Diracowskiemu jest przecenianie roli tzw. więzów hamiltonowskich pierwszego stopnia, zob. B. Pitts, *Change in Hamiltonian General Relativity from the Lack of a Time-like Killing Vector Field*, [online] <<http://arxiv.org/pdf/1406.2665v1.pdf>> (dostęp: 20.12.2015).

³⁵ Idzie o problem dotyczący ustalenia, jakie elementy matematyczne (wykorzystywanego w danej teorii aparatu matematycznego) powinny występować w prawach fizycznych obowiązujących dla każdego układu odniesienia, a które są potrzebne jedynie do wyprowadzenia odpowiednich równań, ale w prawach nie powinny występować. Bliźniaczy problem dotyczy ustalenia, jaki jest właściwy stosunek między sytuacją fizyczną a możliwością sformułowania dla niej wielu opisów matematycznych – co jest matematycznym naddatkiem?, czy da się ograniczać wielość tych opisów? – to przykładowe pytania, które stawia się w tym kontekście.

³⁶ Z tego względu chociażby, że obserwabli (cząstkowe i zupełne) mają mniej aprioryczny charakter niż obserwabli definiowane wyłącznie w oparciu o aparat matematyczny.

³⁷ Sytuacja jednak zmienia się, gdy podejmuje się próbę kwantyzacji OTW tak, aby zbudować na jej podstawie kwantową teorię grawitacji – wówczas transformacje dyfeomorficzne jednoznacznie traktowane są jako transformacje cechowania, podczas gdy w klasycznej OTW bynajmniej takie utożsamienie nie jest oczywiste.

³⁸ Właśnie dlatego Earman nie mógł poprzestać na samym przywołaniu obserwabli, tylko zaproponował nową kategorię metafizyczną!

nych założeń”, a drugie wiążą się z kontekstowymi problemami badawczymi angażującymi szczegółowe modele zbudowane w oparciu o teorię. Jedne podejście można krytykować z perspektywy drugiego w obrębie metafizycznego interpretowania OTW.

Punktowe wartości pola grawitacyjnego

Wobec omawianego w pierwszej części niniejszej pracy OSR wystosowano kilka zarzutów uchodzących za istotne w kontekście odnośnego stanowiska. Dwa z nich (o postulowanie istnienia relacji bez elementów relacji oraz o niemożliwość konstrukcji koncepcji fizycznej przyczynowości na gruncie OSR) są szczególnie poważne – sprowokowały bowiem starania zmierzające do osłabienia i modyfikacji głównej tezy OSR (głoszenie nieistnienia obiektów na fundamentalnym poziomie fizycznym). W rezultacie powstało stanowisko nazwane umiarkowanym ontycznym realizmem strukturalnym (*moderate ontic structural realism*, MOSR), zaproponowane przez Michaela Esfelda i Vincenta Lama³⁹. Jako rdzeń można wskazać tutaj konstrukcję z OTW, w której wartości pola grawitacyjnego są punktowo określone na krzywiźnie Riemanna w geometrycznej specyfikacji pola. Jest to potrzebne Esfeldowi i Lamowi w dwóch celach: po pierwsze, żeby zbudować pewien „cienki” model punktów czasoprzestrzennych, po drugie, aby przedstawić dyspozycyjną koncepcję przyczynowości opartą na opracowanych „cienkich punktach”.

Standardowo definiuje się relacje w taki sposób, że konstruowane są one przynajmniej dla jednego elementu/obiektu (relacja bycia tożsamym z samym sobą). Jeżeli zatem podstawowe charakterystyki relacji wymagają formalnie istnienia pewnych obiektów, to ich odrzucenie powinno uniemożliwiać określenie relacji – a co dopiero uznanie, że relacje mogą w jakiś sposób być samodzielne⁴⁰. Uznaje się ten wniosek o relacjach bez elementów relacji za formalny absurd i traktuje jako zarzut przeciwko OSR.

Według Frencha, usunięcie własności wewnętrznych (w szczególności – własności bycia indywiduum) z punktów czasoprzestrzennych oznacza pozbycie się tych punktów z ontologii. Esfeld i Lam, usiłując uniknąć zarzutu o relacje bez elementów relacji, proponują taką koncepcję punktów czasoprzestrzennych, która

³⁹ Zob. M. Esfeld, V. Lam, *Moderate Structural Realism about Space-Time*, “Synthese” 2008, nr 160, s. 27–46; idem, *The Modal Nature of Structures in Ontic Structural Realism*, “International Studies in the Philosophy of Science” 2009, nr 23, s. 179–194; M. Esfeld, V. Lam, *The Structural Metaphysics of Quantum Theory and General Relativity*, “Journal for General Philosophy of Science” 2012, nr 43, s. 243–258.

⁴⁰ A. Chakravartty, *The Structuralist Conception of Objects*, “Philosophy of Science” 2003, nr 70, s. 867–878.

umożliwia zarazem strukturalistyczne ich potraktowanie i zachowanie ich pewnej odrębności. Stąd uwikłanie w omawianą już koncepcję „cienkiego” obiektu. „Cienkie” punkty czasoprzestrzenne mają być całkowicie zależne od pola metrycznego. Faktualne, fizyczne znaczenie mają wyłącznie w jego kontekście. Punkty jako takie byłyby tylko nieokreślonymi „pustymi miejscami” w pewnej strukturze, które ulegają *aktualizacji* wraz ze specyfikacją pola metrycznego. Punkty zostają potraktowane jako możliwości, co jest niczym jak modalną ich interpretacją.

Esfeld i Lam twierdzą zatem, że można tak ujętym punktom czasoprzestrzennym przypisać rolę w „strukturyzowaniu” pola, dokładniej – można wskazać procedurę umiejscawiającą punkty na strukturze pola grawitacyjnego. Procedurą taką miałyby być ta wykorzystywana w koncepcji Petera Bergmanna i Arthura Komara⁴¹, tzn. oferująca sposób koordynacji układów współrzędnych dla pewnej struktury czasoprzestrzennej. Sposób ten prowadzi do wyróżnialności pewnych układów i stowarzyszenia z nimi punktów czasoprzestrzennych – jest to dogodne z niektórych obliczeniowych względów. Mamy zatem do czynienia z definiowaniem obserwabli dla poszczególnych układów, a nie dla pewnej klasy modeli równoważnych pod transformacjami dyfeomorficznymi. Chcąc zachować koncepcję „cienkich” obiektów, pozbawionych indywidualności i jakichkolwiek innych własności wewnętrznych, Esfeld i Lam twierdzą, że punkty (pojęte jako „cienkie obiekty”) są odróżnialne, ale „słabo”, wyłącznie za sprawą pewnej specyficznej metody, tj. metody Komara-Bergmanna.

Tylko w kontekście pola grawitacyjnego punktom czasoprzestrzennym można przypisać jakikolwiek sens fizyczny. Trzeba zatem pokazać jak „cienkie” i „słabo odróżnialne” punkty łączą się z polem grawitacyjnym. Esfeld i Lam rozpatrują to zagadnienie dla krzywizny Riemanna. W klasycznej OTW wartość zakrzywienia czasoprzestrzeni, czyli krzywiznę generowaną przez grawitację w obecności mas, mierzy się poprzez określenie pochodnych z pola metrycznego – tensora Riemanna i tensora Riccego. Tensor Riemanna jest szczególnie ważny, ponieważ właśnie nim definiuje się zakrzywienie czasoprzestrzeni jako takiej. Wartość zakrzywienia określona jest punktowo na trajektorii (geodezyjnej) systemu fizycznego i mierzy modyfikacje tej trajektorii ze względu na rozkład mas i ich wielkości. Skoro wartość krzywizny (Riemanna) zawsze określona jest punktowo i uznawana za pomiar grawitacji, to można zaproponować, jak to robią Esfeld i Lam, aby punkty czasoprzestrzenne zinterpretować jako *możliwości* wystąpienia na nich wartości krzywizny. W ten sposób udaje się złączyć zależność punktów od pola grawitacyjnego z ich „słabym” i modalnym ujęciem.

⁴¹ P.G. Bergmann, A.B. Komar, *Poisson Brackets between Locally Defined Observables in General Relativity*, “Physical Review Letters” 1960, nr 8, s. 432–433; P.G. Bergmann, *Observables in General Relativity*, “Reviews of Modern Physics” 1961, nr 33, s. 510–514.

Powyższe rozstrzygnięcia są ważne nie tylko z perspektywy problemu relacji bez elementów relacji, ale także dostarczają propozycji ujęcia przyczynowości przeciwko zarzutowi o brak możliwości wbudowania takiego ujęcia w ontologię strukturalistyczną. Sama konkretna wartość tensora Riemanna (krzywizny czasoprzestrzeni) jest w OTW oczywiście kontyngentna, zależy bowiem od rozkładu materii, tj. wartości tensora energii-pędu. Zawsze jednakże będzie ona współokreślona przez pole grawitacyjne. Przyczynowa rola pola grawitacyjnego miałyby wyczerpywać się w przyjmowaniu przez nie lokalnie wartości krzywizny na punktach czasoprzestrzeni – wartości te mogą się zmieniać i różnicować. Lam i Esfeld przyjmują zatem, że zasadnie jest mówić o dyspozycyjnej koncepcji przyczynowości w czasoprzestrzennym strukturalizmie. „Cienkie” punkty czasoprzestrzenne potraktowane jako możliwości można dalej zinterpretować jako dyspozycję do przyjmowania pewnych wartości pola grawitacyjnego, co ma konkretny skutek w postaci takiej, a nie innej geodezyjnej danego systemu fizycznego.

Strukturalistycznej interpretacji czasoprzestrzeni zaproponowanej przez Esfelda i Lama – z rdzeniem w postaci lokalnych wartości pola grawitacyjnego, jakie mogą przyjąć punkty czasoprzestrzenne – można przedstawić następujący zarzut z perspektywy OTW, czyli teorii interpretowanej w omawianym stanowisku. Metafizyczne uprzywilejowanie lokalności (topologicznej) ze względu na tensor Riemanna prowadzi do preferowania takiej heurystyki konstruowania relatywistycznego ujęcia grawitacji, która wychodzi od określenia koneksji afinicznej. Jest to podstawowa metoda występująca w klasycznym, tzw. tensorowym podejściu do OTW⁴². Jednakże istnieje także tzw. podejście teoriopolowe⁴³, w którym punktem wyjścia są np. rozważania dotyczące ogólnych własności grawitacji jako *jednego z wielu* pól materialnych istniejących w świecie fizycznym. Ustalenia dotyczące trajektorii systemów fizycznych (geodezyjnych, definiowanych przy pomocy koneksji afinicznej) są niejako wtórne, co więcej – nie muszą wystąpić, jeżeli teoriopolowe podejście jest algebraiczne, a nie geometryczne (bada się wtedy stany pola grawitacyjnego, a nie geodezyjne). Wybór między podejściami (czy heurystykami) powinien być dowolny, tj. żadna z heurystyk nie powinna być *a priori* wyróżniona. Strukturalizm Esfelda i Lama tymczasem blokuje podejście teoriopolowe. Można by podejrzewać, że jest to zasadne – przyjęcie jako punktu wyjścia po prostu istnienia pewnego pola materialnego (pola grawitacyjnego) prowadziłoby filozoficznie bezpośrednio do redukcji strukturalizmu do jakiegoś wariantu stanowiska relacjonistycznego. Skuteczność rdzenia MOSR można zatem kwestionować z perspektywy innych aspektów interpretowanej teorii fizycznej.

⁴² R. Wald, *General Relativity*, University of Chicago Press, Chicago 1984.

⁴³ R.P. Feynmann, *Wykłady z grawitacji*, tłum. J. Kowalski-Glikman, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.

Podsumowanie

Prezentując kilka stanowisk strukturalistycznych, w których próbuje się ontologicznie zinterpretować czasoprzestrzeń w kontekście OTW, przedstawiłem zarazem rekonstrukcję tego, co nazwałem rdzeniem tych poszczególnych stanowisk. Zaproponowałem mówienie o „skuteczności” tych rdzeni; starałem się pokazać, że skuteczność rdzeni omówionych propozycji interpretacyjnych jest ograniczona. Wydaje się, że bardzo trudno byłoby sformułować takie stanowisko strukturalistyczne, które by było maksymalnie inkluzywne, czyli zdolne do spójnego pomieszczenia w niewielkiej liczbie metafizycznych tez konceptualnych fundamentów danej teorii fizycznej oraz modyfikacji biorących się z aplikacji teorii do kontekstowych problemów badawczych. Wszystkie przytoczone zarzuty przeciwko rdzeniom w danych stanowiskach brały się w zasadzie z różnorodności modeli i sformułowań w odniesieniu do teorii fizycznej (OTW w naszym przypadku). Ta różnorodność nie jest kompatybilna z całkowicie spójną i jednorodną teorią metafizyczną – oczywiście, o ile będziemy rygorystycznie trzymać się praktyki fizyków, co jednak wydaje się nieodzowne.

W przedstawionych stanowiskach szczególnie dobrze rokujące wydają się propozycje zorientowane na podkreślenie jedności czasoprzestrzeni i pola grawitacyjnego. Z jednej strony stanowiska wykorzystujące jakąś metafizykę własności podążają w tym kierunku, ale widzieliśmy, że propozycja Dorato przyporządkowuje czasoprzestrzeni (ujętej jako własność) rolę eksplanacyjną, co sprawia, że czasoprzestrzeń bardzo słabo „trzyma się” ontologicznie pola grawitacyjnego, ponieważ łatwo można ją przeinterpretować instrumentalistycznie.

W przypadku podejścia Esfelda i Lama wyeksplikowanie jedności czasoprzestrzeni i pola grawitacyjnego było nieudane ze względu na zbyt daleko idące uwikłanie ontologii w (topologiczną) lokalność – być może jedność, o której mowa, należałoby przedstawić za pomocą ontologicznie zinterpretowanego związku między tensorem metrycznym a jego pochodnymi (dokładniej – związku między fizycznymi interpretacjami tych obiektów matematycznych).

Jest również tak, że podejście Dorato oraz Ricklesa otwiera możliwość ściślego powiązania rozstrzygnięć ontologicznych z koncepcjami tego, co w danej teorii jest mierzone, ich rozważania prowadziły jednak do dość antymetafizycznych konkluzji. Esfeld i Lam natomiast polegali na dość powszechnym poglądzie, że znajomość „zachowania” grawitacji to znajomość wartości krzywizny Riemanna mierzącej zakrzywienie geometrii czasoprzestrzeni – nie jest to jednak takie oczywiste⁴⁴.

⁴⁴ E. Curiel, *On Geometric Object, the Non-Existence of a Gravitational Stress – Energy Tensor, and the Uniqueness of the Einstein Field Equation*, 2014, [online] <<http://philsci-archieve.pitt.edu/10985/>> (dostęp: 20.12.2015).

Być może dałoby się sformułować wielordzeniowy strukturalizm czasoprzestrzenny, który zawierałby argument tożsamościowy dotyczący jedności czasoprzestrzeni i pola grawitacyjnego. Uważam, że strategia oparta na metafizyce własności jest chybiona, ale nakierowuje na słuszny trop (związek tensora metrycznego z jego pochodnymi w ramach fizycznej interpretacji tych obiektów matematycznych). Zarazem należałoby zagwarantować, że mnogość kontekstów badawczych nie rozsądzi proponowanego stanowiska – być może trzeba by uwzględnić pewien dynamizm szkicowanej pozycji strukturalistycznej. Oznaczałoby to zbudowanie stanowiska metafizycznego wprost wychodzącego z wyników empirycznych – gdzie niejako eksperymenty i obserwacje „sugerują” pewne rozstrzygnięcia ontologiczne. Coś takiego próbowali robić Steven French i James Ladyman⁴⁵ – o ile w kontekście mikrofizyki udaje się to mniej więcej realizować, to dla czasoprzestrzeni, jak starałem się pokazać, niekoniecznie to wychodzi, ale raczej ze względu na przecenienie np. roli argumentu dziury niż z nietrafności zasadniczego pomysłu.

Powyzsze uwagi stanowią zaledwie próbe sformulowania ontologii strukturalnej czasoprzestrzeni, która mogłaby bazować na rdzeniach wymienionych stanowisk i w której dałoby się oddać i spójnie połączyć niektóre rdzenie albo przynajmniej ich aspekty. Wydaje mi się, że krytyczne omówienie przywołanych propozycji pozwala wysunąć pewne spostrzeżenia, które są ważne dla ewentualnej rozbudowanej strukturalnej ontologii czasoprzestrzeni. Realizacji zadania polegającego na przedstawieniu takiej koncepcji nie jestem w stanie jednak tutaj się podjąć.

Literatura

- Bartels A., *Modern Essentialism and the Problem of Individuation of Spacetime Points*, „Erkenntnis” 1996, nr 45, s. 25–46.
- Bergmann P.G., Komar A.B., *Poisson Brackets between Locally Defined Observables in General Relativity*, „Physical Review Letters” 1960, nr 8, s. 432–433.
- Bergmann P.G., *Observables in General Relativity*, „Reviews of Modern Physics” 1961, nr 33, s. 510–514.
- Brown H., Pooley O., *Minkowski Space-Time: A Glorious Non-entity*, (w:) Dieks D., *The Ontology of Spacetime Volume 1*, Elsevier, Amsterdam 2006, s. 67–89.
- Chakravartty A., *The Structuralist Conception of Objects*, „Philosophy of Science” 2003, nr 70, s. 867–878.
- Curiel E., *On Geometric Object, the Non-Existence of a Gravitational Stress – Energy Tensor, and the Uniqueness of the Einstein Field Equation*, 2014, [online] <<http://philsci-archival.pitt.edu/10985/>> (dostęp: 20.12.2015).

⁴⁵ Zob. J. Ladyman, *Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics*, „Philosophy of Science” 2008, nr 75, s. 744–755.

- Disalle R., *Spacetime Theory as Physical Geometry*, "Erkenntnis" 1995, nr 42, s. 317–337.
- Dorato M., *Substantivalism, Relationism, and Structural Spacetime Realism*, "Foundations of Physics" 2000, nr 30, s. 1605–1628.
- Earman J., Norton J.D., *What Price Spacetime Substantivalism*, "British Journal for the Philosophy of Science" 1987, nr 38, s. 515–525.
- Earman J., *The Implications of General Covariance for the Ontology and Ideology of Spacetime*, (w:) Dieks D. (red.), *The Ontology of Spacetime Volume 1 of Philosophy and Foundations of Physics*, Elsevier, Amsterdam 2006, s. 3–24.
- Eddington A., *The Mathematical Theory of Relativity*, Cambridge University Press, Cambridge 1930.
- Esfeld M., Lam V., *Moderate Structural Realism about Space-Time*, "Synthese" 2008, nr 160, s. 27–46.
- Esfeld M., *The Modal Nature of Structures in Ontic Structural Realism*, "International Studies in the Philosophy of Science" 2009, nr 23, s. 179–194.
- Esfeld M., Lam V., *The Structural Metaphysics of Quantum Theory and General Relativity*, "Journal for General Philosophy of Science" 2012, nr 43, s. 243–258.
- Feynmann R.P., *Wykłady z grawitacji*, tłum. J. Kowalski-Glikman, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.
- French S., Ladyman J., *Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure*, "Synthese" 2003, nr 136, s. 31–56.
- Friedman M., *Foundations of Space-Time Theories*, Princeton University Press, Princeton 1983.
- French S., *Getting out of a Hole: Identity, Individuality and Structuralism in Spacetime Physics*, „Philosophica” 2001, nr 67, s. 11–29.
- Giovanelli M., *Erich Kretschmann as a proto-empiricist: Adventures and misadventures of the point-coincidence argument*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 2013, nr 44, s. 115–134.
- Iftime M., Stachel M., *The Hole Argument for Covariant Theories*, "General Relativity and Gravitation" 2006, nr 38, s. 1241–1252.
- Ladyman J., *Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics*, "Philosophy of Science" 2008, nr 75, s. 744–755.
- Lewis D., *Humean Supervenience Debugged*, "Mind" 1994, nr 103, s. 473–490.
- Maudlin T., *Buckets of Water and Waves of Space: Why Space-Time is Probably a Substance*, "Philosophy of Science" 1993, nr 60, s. 183–203.
- Norton J., *General Covariance and the Foundations of General Relativity: Eight Decades of Dispute*, "Reports of Progress in Physics" 1993, nr 56, s. 791–858.
- Nerlich G., *Why Spacetime Is Not a Hidden Cause: A Realist Story*, (w:) Petkov V. (red.), *Space, Time, and Spacetime*, Springer, Berlin 2010, s. 181–192.
- Pitts B., *Change in Hamiltonian General Relativity from the Lack of a Time-like Killing Vector Field*, 2013, [online] <<http://arxiv.org/pdf/1406.2665v1.pdf>> (dostęp: 20.12.2015).
- Poincare H., *Science and Hypothesis*, The Walter Scott Publishing Co., New York 1905.
- Pooley O., *Substantive General Covariance: Another Decade of Dispute*, (w:) Suarez M. (red.), *EPSA Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association*, Springer, Dordrecht 2010, s. 197–210.
- Rickles D.P., *A New Spin on the Hole Argument*, "Studies in the History and Philosophy of Modern Physics" 2005, nr 36, s. 415–434.

- Rickles D.P., *Time, Observables, and Structure*, (w:) Landry E.M., Rickles D.P. (red.), *Structural Realism*, Springer, Dordrecht 2012, s. 135–148.
- Saunders S., *Indiscernibles, General Covariance, and Other Symmetries: The Case for Non-Reductive Relationalism*, (w:) Renn J., Divarci L., Schroter P. (red.), *Revisiting the Foundations of Relativistic Physics*, Springer, Dordrecht 2003, s. 151–174.
- Russell B., *Analysis of Matter*, Spokesman Books, Nottingham 2007.
- Stachel J., *The Hole Argument and Some Physical and Philosophical Implications*, “Living Rev. Relativity”, 2014, nr 17, [online] <www.livingreviews.org/lrr-2014-1> (dostęp: 20.12.2015).
- Wald R., *General Relativity*, University of Chicago Press, Chicago 1984.